février 2012
n° 65

Un regard sur les laboratoires en Centre Poitou-Charentes

microscoop

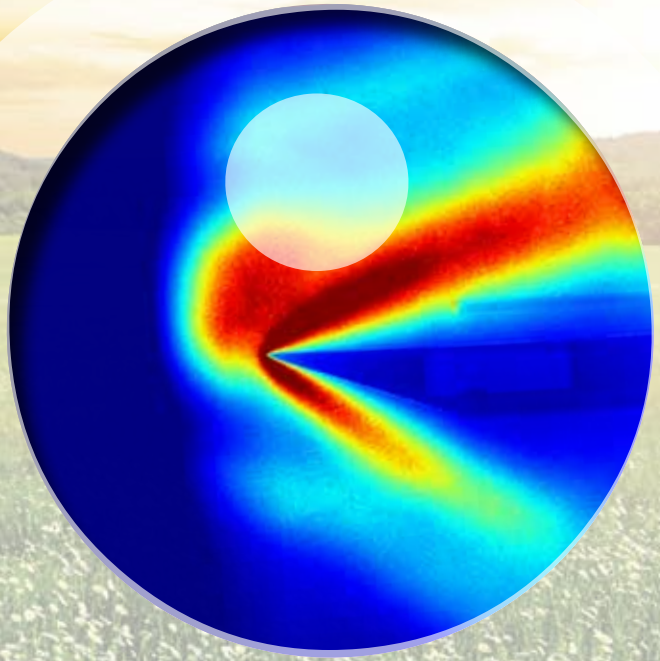
le magazine de la délégation CNRS Centre Poitou-Charentes

SOCIETE
Vers des formes alternatives de propriété

HISTOIRE
Les contre-effets de la censure au Moyen-Age

PHYSIQUE
Hiver 2011 en arctique : une diminution record d'ozone

Dossier
> *Les plasmas sont partout...*

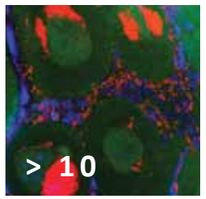


www.cnrs.fr/centre-poitou-charentes

microscoop

février 2012
n° 65

Photos couverture : *Arrière-plan : © Thinkstock® / Zoom : Photographie CCD de l'interaction d'un jet supersonique de plasma avec une plaque biseautée - © ICARE*



Agenda

Colloques

SERL 2012 - 8ème CONFÉRENCE ECOLOGIE ET COMPORTEMENT
Réunion d'échanges sur leurs travaux des étudiants de Master, en thèse et post-doc.
2 au 6 avril 2012 > CHIZÉ
http://serl2012.org

137ème CONGRÈS NATIONAL DES SOCIÉTÉS HISTORIQUES ET SCIENTIFIQUES
Composition(s) urbaine(s)
23 au 27 avril > TOURS
http://www.cths.fr/

JOURNÉES POPULARISATION DES MATHÉMATIQUES
Echanges et partage de bonnes pratiques, entre enseignants et chercheurs, dans le domaine de la divulgation des mathématiques.
15 et 16 mai > ORLÉANS
http://www.univ-orleans.fr/irem/

12ème CONGRÈS DE LA DIVISION PLASMAS DE LA SFP
Rassemblement des chercheurs, enseignants-chercheurs et doctorants des trois grandes familles des plasmas.
22 au 24 mai > ORLÉANS
http://sfp-plasmas2012.sciencesconf.org/

XLIIème CONGRÈS DU GROUPE FRANÇAIS DES PESTICIDES
Nouveaux enjeux et stratégies novatrices pour la protection des plantes cultivées dans un contexte de développement durable.
30 mai au 1er juin > POITIERS
http://gfp2012.conference.univ-poitiers.fr

TOURS 1500
Exposition sur l'art à Tours autour de 1500 et colloque sur la ville dans ses aspects historiques, économiques et artistiques de 1480 à 1520.
31 mai au 3 juin > TOURS
http://cesr.univ-tours.fr/

XXVIIIèmes JOURNÉES DU DÉVELOPPEMENT ATM 2012
Mobilités internationales, déséquilibres et développement : vers un développement durable et une mondialisation décarbonée ?
11 au 13 juin > ORLÉANS
http://www.univ-orleans.fr/leo/index.php

SEMAINES D'ÉTUDES MÉDIÉVALES
Session intensive de formation ouverte aux étudiants français ou étrangers de Master et Doctorat animée par des médiévistes français et étrangers.
26 juin au 7 juillet > POITIERS
http://www.mshs.univ-poitiers.fr/cescm/

XIIème COLLOQUE INTERNATIONAL DU VIEILLISSEMENT COGNITIF
Etat des connaissances, développement de collaborations entre les laboratoires et diffusion des connaissances auprès des professionnels travaillant avec des populations âgées.
25 au 26 juin 2012 > TOURS
http://colloquevieillissementcognitif.blog.univ-tours.fr/

Manifestations

SEMAINE DU CERVEAU
12 au 18 mars 2012
http://www.semaineducerveau.fr/2012/France.php

MATHS EN JEANS
30-31 mars et 1er avril > POITIERS
http://congres.mathenjeans.fr/Poitiers

JOURNÉE MONDIALE DES OCÉANS
8 juin 2012
http://www.worldoceannetwork.org/v1/index.php

Sommaire

BIOLOGIE
***Escherichia coli*, ange ou démon ? > 4**
Les anticorps monoclonaux thérapeutiques : un défi pour la recherche française **> 6**
Les virus d'insectes, une histoire de plus de 300 millions d'années ! **> 8**
Wolbachia, sa vie, son œuvre... **> 10**

SOCIÉTÉ
Vers des formes alternatives de propriété **> 12**
La durabilité : entre valeurs et pratiques **> 14**

PHYSIQUE
Les plasmas sont partout... > 16
Hiver 2011 en région arctique : une diminution record d'ozone **> 22**
En attendant SKA... > 24

ÉVÈNEMENTS > 26

HISTOIRE
Les contre-effets de la censure au Moyen Âge **> 28**
Les manuscrits médicaux : une « mine d'or » pour la recherche sur la science médiévale ? **> 30**

Erratum

Dans le Microscoop hors-série 2011, dans l'article page 4, il fallait lire en titre « Il y a 28 millions d'années... au KENYA » (et non « Il y a 20 millions d'années au KENYA »). L'auteur est Stéphane DUCROCQ (et non Stéphane DUCROS). Page 10, la légende de la photo en bas de page est « Etude de la dépollution des eaux usées industrielles par ozonation catalytique ». La rédaction tient à s'excuser auprès des auteurs pour ces coquilles.

Edito

Fidèle à la tradition, ce premier numéro de Microscoop pour 2012 invite le lecteur à partager quelques-uns des axes de recherche développés dans la circonscription Centre Poitou-Charentes par les laboratoires que nous partageons le plus souvent avec nos partenaires académiques que sont les Universités de La Rochelle, Orléans, Poitiers, François Rabelais de Tours, l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique et les autres établissements comme l'INRA , l'INSERM, le BRGM et le CEA. La fin de l'année 2011 a vu les décisions concernant la deuxième vague des équipements d'excellence.
Plusieurs projets impliquant des laboratoires de la circonscription ont ainsi été retenus :

BIBLISSIMA – un observatoire du patrimoine écrit du Moyen-Âge et de la Renaissance avec pour notre région le Centre d'Etudes Supérieures de la Renaissance à Tours et l'Institut de Recherche et d'Histoire des Textes à Paris et Orléans.

GAP – plateforme d'essais et de recherche pour la propulsion aéronautique et spatiale avec P' à Poitiers.

NANOIMAGES-X – Construction et exploitation d'une ligne de nanotomographie au Synchroton SOLEIL, projet auquel participent notamment P' et l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans.

PLANEX – Planète expérimentale : analyses in-situ en conditions extrêmes, projet qui fédère sur le site orléanais outre l'ISTO, le laboratoire Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiations, le Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés et le Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace.

REFIMEVE + – Réseau fibré métrologique à vocation européenne, impliquant la Station de Radioastronomie de Nançay.

La fin de l'année a vu aussi pour le CNRS le lancement d'un programme baptisé PR² (partenariat renforcé PME-recherche) dont l'objectif est de faciliter l'accès à ses brevets pour les petites et moyennes entreprises. Le CNRS dispose aujourd'hui d'environ 4 500 familles de brevets, dont certaines proches d'une application industrielle ne sont pas exploitées, il a donc été décidé de les céder aux PME-PMI dans le cadre d'un partenariat renforcé. Les services de partenariat et valorisation de la délégation sont à la disposition de chacun pour répondre aux questions relatives à ce programme PR² qui rencontre un beau succès.

Je terminerai mon propos en saluant aussi les nouvelles unités de recherche qui ont été créées à compter de cette année en Centre Poitou-Charentes :
- à La Rochelle, le Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (LaSIE) ;
- à Poitiers : l'Institut de Chimie des Milieux et des Matériaux de Poitiers (IC2MP), le laboratoire Ecologie et Biologie des Interactions (EBI) ;
- à Orléans, le Laboratoire Ligérien de Linguistique (LLL) ;
- à Tours, l'équipe de recherche « Ordonnancement et Conduite » et le Groupement de Recherche Matériaux, Microélectronique, Acoustique, Nanotechnologies (GREMAN).

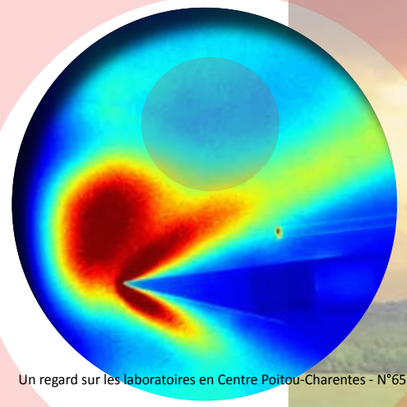
Sans oublier les trois nouvelles fédérations présentes dans la délégation : Acoustique du Nord-Ouest, Matériaux Val de Loire-Limousin et Etudes Supérieures du Moyen-Âge et de la Renaissance.
Ces quelques exemples illustrent la qualité et la vivacité de la recherche en Centre Poitou-Charentes.

Je vous souhaite une très bonne lecture.

Patrice SOULLIE
Délégué régional

DOSSIER > 16 - 21

Les plasmas sont partout...



Un regard sur les laboratoires en Centre Poitou-Charentes - N°65

CNRS Délégation Centre Poitou-Charentes
3E, Avenue de la Recherche Scientifique
45071 ORLÉANS CEDEX 2
Tél. : 02 38 25 52 01 - Fax : 02 38 69 70 31
www.cnrs.fr/centre-poitou-charentes
E-mail : Communication@dr8.cnrs.fr

ISSN 1247-844X

Directeur de la publication
Patrice SOULLIE
Responsable de la publication
Valérie SABOURAUD
Secrétaire de la publication
Florence ROYER
Création graphique
Linda JEUFFRAULT

Ont participé à ce numéro :
Didier BOUCHON, Sabrina BRESSON, Fabienne BRULÉ, Arnaud DAGUET, Sylvette DENÈFLE, Michel DROUET, Bertrand FLOURET, Titaina GIBERT, Karine GUIBERT, Elisabeth HERNIOU, Nathalie HURET-BRUN, Gilles KAGAN, Jean-Baptiste LEBIGUE, Aurélie MARCHAUDON, Denis MARTOUZET, Stéphane MAZOUFFRE, Luc PICHON, Orelien RANDRIAMBOARISON, Catherine SOUTY-GROSSET, Edgar THIBAULT, Stephen TORCHINSKY, Iolanda VENTURA, Hervé WATIER.

Imprimeur - PREVOST OFFSET - Impression sur papier 100% recyclé Cycloprint.

Escherichia coli, ange ou démon ?

Médiatisée comme la bactérie « tueuse », *E.coli* dévoile un visage plus salutaire...

Au printemps dernier, en Allemagne puis en France, plusieurs épidémies intestinales se sont déclarées mettant en cause des bactéries de l'espèce *Escherichia coli (E.coli)*. L'ingestion d'aliments contaminés par ces bactéries, provoque des diarrhées hémorragiques graves. *E.coli* est la bactérie la plus connue de la microflore intestinale de l'homme et de nombreux animaux. Seules certaines souches sont hautement pathogènes. *E.coli* présente une autre particularité : elle est en effet utilisée dans de nombreux laboratoires comme modèle biologique et comme outil essentiel pour les biologistes moléculaires.

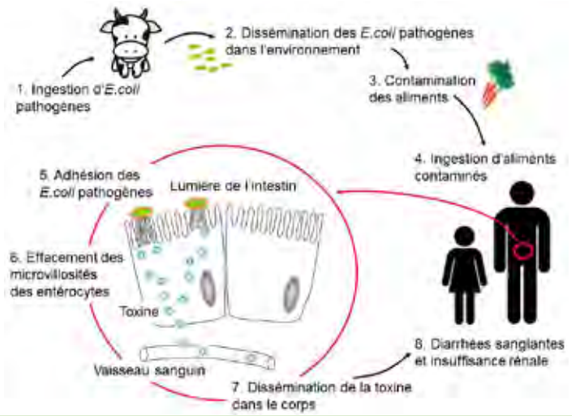
Escherichia coli, une entérobactérie nécessaire à la digestion des aliments.

La flore intestinale humaine est un écosystème équilibré qui a co-évolué avec son hôte pour mettre en place des relations fonctionnelles. Celle-ci, composée de plusieurs centaines d'espèces bactériennes représente une masse d'environ 1,5 kg. Elle contient un nombre total de cellules bactériennes dix fois plus important que la totalité des cellules qui composent l'organisme humain soit 100.000.000.000.000 bactéries. Elles participent activement à la digestion des aliments, ont un effet protecteur contre des pathogènes présents dans l'alimentation ou l'eau de boisson (bactéries, champignons unicellulaires, virus), voire également à la maturation du système immunitaire intestinal.

La composition de la flore intestinale est stable à l'âge adulte. Cependant, celle-ci est propre à chaque individu et dépend de son type d'alimentation. Toutes ces bactéries colonisent l'intestin humain depuis la naissance. *In utero*, le tractus intestinal est stérile. La colonisation des bactéries débute à la naissance au contact de la microflore maternelle dans un premier temps. Les flores de l'environnement vont ensuite entraîner une diversification rapide. La microflore « définitive » est atteinte vers l'âge de 2 ans. Toutes les bactéries en contact avec l'enfant n'entrent pas dans la composition de la microflore. Certaines relations spécifiques entre l'hôte et les bactéries vont favoriser l'implantation de telle ou telle espèce dans la flore intestinale.

L'influence du régime alimentaire sur sa composition peut être illustrée par l'exemple de l'adaptation de la microflore intestinale des Japonais à la digestion des sushis. En effet, elle contient des bactéries qui excrètent une enzyme, la porphyranase, capable d'hydrolyser le porphyrane. Ce sucre complexe est présent dans les parois d'une algue rouge du genre *Porphyra* qui rentre dans la composition des sushis. La microflore intestinale du reste de la population mondiale ne produit pas cette enzyme. Des chercheurs de Roscoff proposent que

La dissémination des* E.coli *dans le corps humain.



© Fabienne BRULÉ < CBM

© Fabienne BRULÉ < CBM

Croissance d'*Escherichia coli *sur milieu EMB (eosin-methylene blue). *Sur ce milieu,* E.coli *peut être identifiée par un reflet vert métallique brillant en « dos de scarabée » qui apparaît à la surface de la colonie bactérienne. Cette couleur est due à la combinaison des colorants et de l'acidification du milieu par l'utilisation du lactose présent dans le milieu.*

© DCPC-COM/CNRS

Mise en culture de bactéries *en conditions stériles.*

le gène de cette enzyme ait été transféré depuis une bactérie marine dans certaines bactéries de la microflore intestinale des Japonais.

E. coli, une bactérie pathogène

L'équilibre entre la microflore et l'intestin peut être perturbé par des micro-organismes de passage potentiellement pathogènes. Ces bactéries peuvent être responsables de diverses pathologies extra-intestinales (infections urinaires, méningites) et intestinales, plus ou moins graves. Lorsque l'infection est due à des souches *E.coli* productrices de toxine (par exemple, *E.coli* O157:H7 ou *E.coli* O104:H4), la gravité peut aller jusqu'à un syndrome urémique et hémorragique (SUH), avec des patients placés sous dialyse, et parfois conduire au décès (la mortalité liée aux infections à *E.coli* est comprise entre 1 et 6 % des patients atteints de SUH).

Ces souches pathogènes proviennent de la microflore digestive animale, en particulier des ruminants qui sont des porteurs sains. Il existe plusieurs voies de transmission, une transmission directe de l'animal à l'homme qui est relativement faible (environ 2 %), celle par l'eau de boisson ou de baignade est d'environ 12 % (la qualité bactériologique de l'eau est mesurée par colimétrie qui détecte la contamination fécale). La voie principale de la transmission reste l'alimentation, notamment le lait et les produits dérivés (contamination lors de la traite par des bactéries présentes au niveau des pis), la viande (contamination suite à une cuisson insuffisante ou lors du découpage des carcasses), les fruits et les légumes (contamination des systèmes d'irrigation par l'épandage de fumier infecté).

Les bactéries *E.coli* hautement pathogènes appartiennent à un sous-groupe appelé EHEC pour « EnteroHemorragic *E.coli* », bactéries productrices de shiga- ou vérotoxines. Elles provoquent des diarrhées hémorragiques avec des complications comme des syndromes hémolytiques urémiques (destruction des globules rouges et insuffisance rénale pouvant aboutir à la perte permanente de la fonction rénale, en particulier chez les enfants de moins de 5 ans). Leurs toxines vont générer des lésions dites d'attachement et d'effacement des cellules intestinales. Celles-ci possèdent des protubérances en forme de doigts ou microvillosités qui permettent une augmentation et une optimalisation de la surface d'échanges dans les processus d'absorption intestinale. Ces lésions entraînent la destruction de ces microvillosités. Les perturbations physiopathologiques qui en découlent provoquent des diarrhées sanglantes.

« certaines souches ... pathogènes et d'autres bénéfiques ? »

Pourquoi certaines souches de *E.coli* sont-elles pathogènes et d'autres bénéfiques ? Une explication tient à un mécanisme dénommé transfert horizontal de gènes c'est-à-dire la transmission de matériel génétique d'un organisme à un autre. Dans le cas de la dysenterie, maladie intestinale grave et mortelle chez les jeunes enfants dans les pays en voie de développement, le matériel génétique produisant la toxine de *E.coli* provient d'une autre bactérie *Shigella dysenteriae* de type 1. Ce processus peut rendre compte de l'évolution de la pathogénicité des différentes souches bactériennes.

E. coli, un modèle et un outil pour les chercheurs

Au Centre de Biophysique Moléculaire (CBM – UPR 4301) à Orléans et dans de nombreux laboratoires, *E.coli* est utilisée comme bactérie modèle et comme outil. En condition de laboratoire, cette bactérie est capable de se multiplier très vite. Elle peut être facilement modifiée (par un système de transfert génétique horizontal), pour être transformée en une micro-usine de production de macromolécules biologiques (protéines, acides nucléiques). Fait remarquable, l'origine du matériel génétique transféré peut être de source variable. Elle peut provenir d'une bactérie, d'une cellule végétale, animale, humaine.

E.coli est un organisme modèle utilisé depuis 1940 où les premières adaptations de la bactérie à de nouvelles conditions de culture ont été réalisées, ouvrant ainsi la voie à l'étude des mécanismes moléculaires régissant le fonctionnement des cellules. Depuis, *E.coli* n'a cessé d'intéresser nombre de chercheurs, allant même jusqu'à la modélisation, *in silico*, pour tester des prédictions de modélisation d'une cellule vivante dans son ensemble.

Fabienne BRULÉ < CBM
fabienne.brule@cnrs-orleans.fr
http://cbm.cnrs-orleans.fr/

© T. MOREAU

Ci-dessous :
***structure tridimensionnelle** d'un anticorps.*

Les anticorps monoclonaux thérapeutiques :

un défi pour la recherche française

Le succès des anticorps monoclonaux thérapeutiques, ces 20 dernières années, dans le traitement de nombreuses maladies est considérable. Il doit s'accompagner d'une prise de conscience des défis scientifiques, médicaux et économiques que la recherche française doit relever pour faire progresser les connaissances actuelles et permettre ainsi à son industrie pharmaceutique de devenir compétitive sur le plan international.

Défis scientifiques, intérêt médical et perspectives économiques.

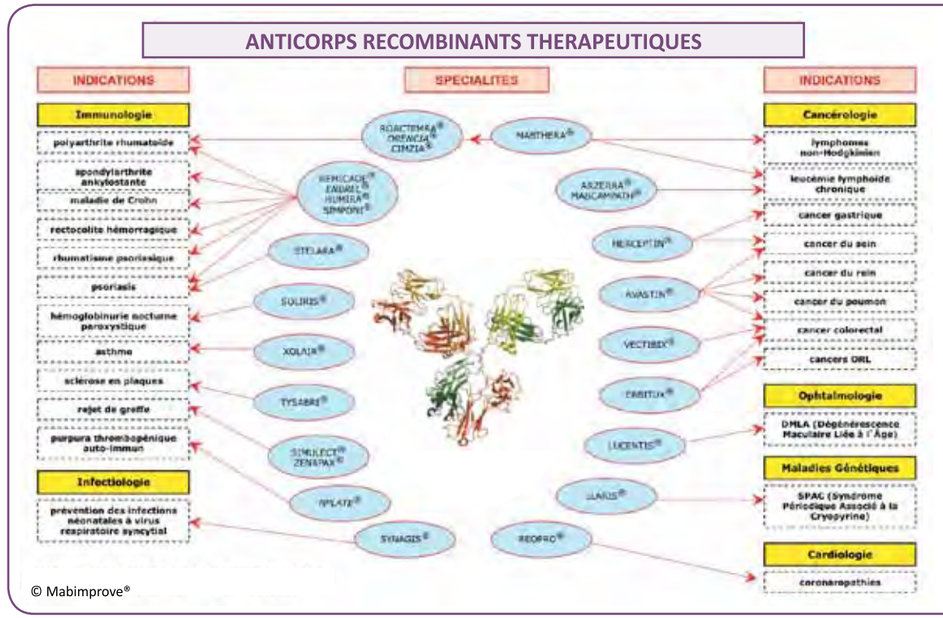
Le muromonab, indiqué dans le traitement du rejet de greffe, a été le premier anticorps monoclonal thérapeutique à obtenir une autorisation de mise sur le marché (AMM) en 1986. Cet aboutissement résulte de la découverte, en 1975, de la « technique des hybridomes » par G. KÖHLER et C. MISLTEIN. Elle fut la première méthode de production d'anticorps monoclonaux et donc le point de départ de la recherche sur ces biomédicaments. Cette méthode, qui valut à ses auteurs le prix Nobel en 1984, consiste à fusionner *in vitro* des lymphocytes B de souris avec des cellules cancéreuses immortelles, puis à séparer les clones cellulaires qui en résultent. Chacun d'eux produit indéfiniment une seule espèce d'anticorps dénommé anticorps monoclonal, spécifique de l'antigène qui a servi à immuniser la souris. Grâce à cette technique, on peut sélectionner à volonté le clone cellulaire - l'hybridome - produisant un anticorps monoclonal ayant les propriétés désirées... Cependant son origine animale (murine) s'associait à une demi-vie faible (élimination plus rapide des anticorps monoclonaux) et à une capacité limitée à mobiliser le système immunitaire. Il présentait également l'inconvénient majeur de l'immunogénicité, c'est-à-dire la production d'anticorps dirigée contre les anticorps monoclonaux. L'évolution des connaissances scientifiques, ces dernières années, dans le domaine de la biologie moléculaire (ou génie génétique), a permis une humanisation des anticorps, c'est-à-dire un remplacement progressif des parties d'origine animale de l'anticorps par des parties humaines, aboutissant à une diminution de leur immunogénicité et à une amélioration de leurs propriétés pharmacologiques.

Ainsi depuis la fin des années 1990, les anticorps monoclonaux ont fait une percée majeure dans l'arsenal thérapeutique, permettant la prise en charge des maladies qui résistaient jusque-là aux traitements classiques (molécules de synthèse chimique), telles que le lymphome malin, la maladie de Crohn, la polyarthrite rhumatoïde, la sclérose en plaques, la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)...

Les applications potentielles sont encore considérables et touchent tous les domaines de la médecine. Dans la mesure où le répertoire des anticorps est par nature infini, cette approche permet donc un accès à une infinité de cibles thérapeutiques, seulement limitée par leur présence dans les milieux extra-cellulaires ou à la surface des cellules. On dénombre à ce jour plus de 25 anticorps monoclonaux recombinants mis sur le marché dans des spécialités très variées : cancérologie, immunologie, ophtalmologie, cardiologie... Des centaines de molécules sont en cours de développement par les laboratoires pharmaceutiques (entre 200 et 300 à l'heure actuelle). L'enjeu de l'amélioration du développement des anticorps monoclonaux est donc évidemment thérapeutique, mais également économique. En effet, la France accuse un certain retard dans le domaine : elle est le premier consommateur mondial d'anticorps monoclonaux thérapeutiques. Aucun d'entre eux n'est issu de recherches françaises ; un seul est produit sur le territoire national : l'omalizumab. Et seulement 5 provenant de laboratoires pharmaceutiques français sont parvenus au stade de développement clinique. Les anticorps monoclonaux représentent donc uniquement une source de dépenses pour le pays, qui ne profite pas des retombées socio-économiques.

© D. BOURY

***Le bevacizumab, anticorps monoclonal thérapeutique**, est indiqué dans le traitement de certains cancers.*



© Mabimprove®

***Anticorps recombinants thérapeutiques,** ayant l'AMM en France, et leurs indications en médecine.*

Les spécialités en italique ne sont pas des anticorps monoclonaux stricto sensu *mais sont rattachés à cette classe thérapeutique.*

La vocation de ce réseau est de partager les nouvelles connaissances dans le domaine et de favoriser l'émergence de programmes de recherche communs (FUI, ANR et plus récemment LabEx). Surtout il vise à étendre l'utilisation thérapeutique des anticorps monoclonaux et à optimiser leur action, tout en maintenant des rapports bénéfice/risque et bénéfice/coût acceptables.

Structuration de la recherche française

Face à ce constat alarmant, il était donc urgent de réagir ! Une véritable structuration de la filière des anticorps thérapeutiques se met en place sur le territoire national. Partant de Tours, le groupement de recherche « Anticorps et ciblage thérapeutique » (GDR ACCITH CNRS 3260) a été créé en janvier 2009. Il rassemble les équipes de recherche françaises travaillant sur la thématique des anticorps. Il comprend à l'heure actuelle plus de 90 équipes académiques et industrielles, réparties sur le territoire national.

« de nouveaux anticorps, mieux conçus »

Afin de poursuivre dans la dynamique créée par le Groupement de recherche ACCITH et profitant de la politique actuelle de financement de la recherche par les « Investissements d'avenir », un partenariat entre les Universités de Tours et de Montpellier, associant le CNRS, l'INSERM, l'INRA et le Centre anti-cancéreux de Val d'Aurelle a permis l'émergence du projet MAbImprove portant sur l'optimisation du développement des anticorps monoclonaux thérapeutiques. Son approche scientifique est à contre-courant des recherches actuelles sur les anticorps thérapeutiques puisqu'elle se fonde sur l'étude des anticorps thérapeutiques chez le malade. En effet avec l'humanisation des anticorps monoclonaux, le seul modèle d'étude pertinent est devenu l'homme. Les données et connaissances générées seront alors exploitées en laboratoire pour générer de nouveaux modèles d'étude et rebondir en ciblant et analysant de nouveaux anticorps, mieux conçus et qu'on pourra ainsi mieux développer. Ce projet labellisé laboratoire d'excellence « LabEx » fédère 13 équipes de recherche, soit plus de 200 chercheurs et s'appuie sur la complémentarité des deux sites. De nombreux laboratoires pharmaceutiques et sociétés de biotechnologies se sont montrés intéressés par les retombées du projet. L'ambition affichée réside dans cette maxime : « de meilleurs anticorps, mieux développés et mieux utilisés ».

Malgré un réveil tardif, une dynamique est désormais en marche grâce à une forte mobilisation de la communauté scientifique sur des questions non encore résolues et à une véritable structuration de la filière « anticorps » autour d'initiatives comme le GDR ACCITH et le LabEx MAbImprove.

Edgar THIBAULT < GICC
edgar.thibault@univ-tours.fr
Arnaud DAGUET < GICC
arnaud.daguet@univ-tours.fr
Hervé WATIER < GICC
herve.watier@univ-tours.fr

http://mabimprove.univ-tours.fr

© Thinkstock®

Les virus d'insectes,
une histoire de plus de 300 millions d'années !

Les virus infectent tous les organismes cellulaires, animaux, plantes, bactéries, etc.
Etudier leur évolution permet de comprendre comment ils s'adaptent à des hôtes particuliers.

Pour mieux comprendre l'interaction entre les virus actuels et les organismes qu'ils infectent, il est essentiel de pouvoir retracer le cours de leur évolution. C'est à une longue remontée dans le temps que vient de procéder une équipe de l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI – UMR 7261 CNRS/Université François Rabelais de Tours) en montrant que des virus d'insectes existaient déjà il y a plus de 300 millions d'années.

Les virus : un monde d'une extrême diversité

A l'heure actuelle la virologie entre dans une période de grandes découvertes, notamment grâce aux résultats de génomique environnementale, tels ceux portés par le projet TARA Expéditions[1], qui montrent l'immense biodiversité des virus. A l'heure actuelle, la communauté internationale, par le biais du comité international de taxonomie des virus (ICTV) reconnaît 2284 espèces de virus classés au sein de 149 genres dans 87 familles. Cependant ceci ne représente que le sommet d'un iceberg, car la plupart des virus restent à découvrir et à décrire.
Au-delà du fait que les virus s'attaquent à l'ensemble du vivant, ce qui symbolise le mieux leur incroyable diversité c'est la variété de leurs génomes : ADN ou ARN, simple brin ou double brins de taille allant par exemple de 3200 paires de bases pour le virus humain de l'Hépatite B à 1259197 paires de bases pour Megavirus, le plus grand virus d'amibe récemment décrit par une équipe de recherche marseillaise [2].

Les interactions entre les virus et leurs hôtes

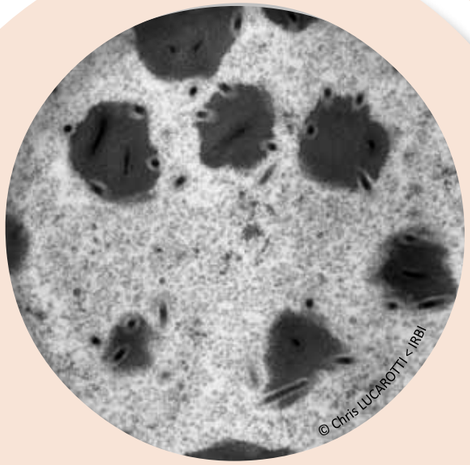
Se multipliant exclusivement à l'intérieur des cellules qu'ils infectent, les virus sont en contact constant avec leurs hôtes. Ces interactions obligatoires entre les virus et leurs hôtes donnent lieu à des adaptations réciproques, ce qu'on appelle de la coévolution. La sélection naturelle favorisant les génomes viraux qui se reproduisent le plus, les mutations bénéfiques sont conservées au cours de l'évolution. La coévolution peut être observée à court terme, par exemple la souche de la grippe saisonnière change chaque année parce que la population humaine devient immune et donc résistante à la souche circulante, ce qui favorise l'émergence d'une nouvelle souche. La coévolution à long terme peut cependant avoir des répercussions plus profondes sur le génome viral pouvant imposer des contraintes adaptatives. C'est pour cela qu'il est important de donner un cadre historique à l'évolution des virus pour comprendre comment les virus actuels interagissent avec leurs hôtes.

Des fossiles de virus ?

Pour remonter aux temps les plus lointains de l'évolution des virus, le laboratoire souhaitait évaluer les temps de divergence (l'âge du premier ancêtre commun) de différentes familles de virus. Cependant, pour retracer l'histoire ancienne de l'évolution des virus, il faut disposer de données sur l'âge de leurs ancêtres. Lorsque l'on souhaite poser des dates sur un arbre généalogique, on utilise habituellement des fossiles. Or, s'il existe bien quelques fossiles de virus retrouvés dans l'ambre, il est impossible de déterminer à quelle famille virale actuelle ils appartiennent et donc de les utiliser. L'autre solution consiste à exploiter non pas des fossiles géologiques mais des fossiles génétiques de virus. Ce sont des séquences d'ADN viral insérées dans le génome de leurs hôtes, comme c'est le cas par exemple pour les rétrovirus endogènes présents dans le génome humain.

« bien avant l'apparition des dinosaures ! »

Ces virus sont transmis de génération en génération au sein du génome de leur hôte car ils avaient infecté des cellules de l'appareil reproducteur. Ce mode de transmission dit vertical permet aux virus de persister durablement dans une sorte de dormance au sein de l'hôte sans avoir à effectuer de cycles infectieux et donc sans altérer la santé de leurs hôtes. Ne se répliquant plus, ces virus ne sont plus soumis à la sélection naturelle. La contrepartie du mode de transmission vertical est que les virus inactifs sont éventuellement inactivés par l'accumulation de mutation dans leur génome. Leurs séquences d'ADN se dégradent au fil du temps jusqu'à ce que toute trace ait disparu. C'est pour cette raison qu'il était, jusqu'à présent, impossible de reconstruire l'histoire évolutive des virus au-delà de 100 millions d'années.



© Chris LUCAROTTI < IRBI

La généalogie des virus d'insectes

Pour dépasser ces limites, l'équipe de l'IRBI a eu l'idée de se servir de certaines guêpes parasites qui ont intégré, il y a 100 millions d'années, des séquences d'ADN de virus à leur propre matériel génétique. Comme les rétrovirus fossiles présents dans le génome humain, les bracovirus sont uniquement transmis de manière héréditaire par leurs hôtes, des guêpes parasites. Cependant, et contrairement au rétrovirus fossiles, les bracovirus ont retenu une machinerie de production des virus parfaitement opérationnelle. En effet les guêpes parasites ont domestiqué ces virus pour leur propre bénéfice. Les guêpes produisent des particules virales qu'elles injectent aux chenilles dans lesquelles elles pondent, ce afin de supprimer leurs défenses immunitaires et de permettre à leurs larves de se nourrir des chenilles.
Ces virus domestiqués, les bracovirus, sont parfaitement actifs et opérationnels. De plus ils sont étroitement apparentés aux baculovirus (virus d'insectes à ADN, utilisés en contrôle biologique). Les séquences d'ADN de ces virus, parfaitement conservées, permettent alors de relier le monde des virus libres à celui des animaux pour lesquels existent des fossiles géologiques.

L'étude publiée montre que les virus à ADN des insectes, tels que les baculovirus, sont très anciens et que leur origine remonte à au moins 310 millions d'années, bien avant l'apparition des dinosaures ! En d'autres termes, ces virus ont évolué au carbonifère en même temps que les insectes et se sont diversifiés pendant le mésozoïque, à la même période géologique que leurs hôtes, les guêpes et les papillons. Ces résultats montrent que les relations intimes de coévolution entre les insectes et leurs virus sont bien plus anciennes que ce que l'on supposait auparavant : elles remontent à l'origine même des insectes.

© Alex WILD < IRBI

***La guêpe parasite* Cotesia congregata**
et son hôte la chenille du sphinx du tabac.

© Trevor WILLIAMS < IRBI

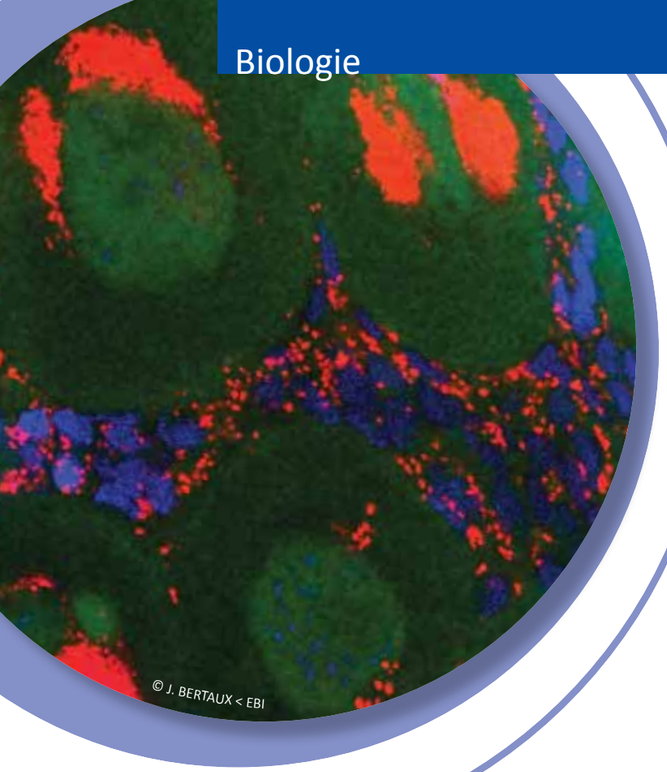
***Chenilles de* Spodoptera exigua** *se nourrissant à côté du corps infecté par un baculovirus d'une congénère. Le liquide s'échappant du cadavre contient des millions de particules virales infectieuses.*

Elisabeth HERNIOU < IRBI
elisabeth.herniou@univ-tours.fr
http://www.univ-tours.fr/irbi/

(1) Depuis 7 ans, le projet Tara Expéditions organise des missions avec la goélette d'exploration Tara afin de mieux comprendre l'impact du réchauffement climatique sur les écosystèmes. Tara Expéditions est une initiative française à but non lucratif. Elle alimente en prélèvements et en données l'ensemble de la communauté scientifique mondiale.

(2) Laboratoire Information Génomique et Structurale (IGS - CNRS - UMR7256)

Au centre : *des particules virales d'un baculovirus.*



Observation en microscopie électronique de **Wolbachia** *dans un ovaire d'*Armadillidium vulgare.

Wolbachia,
sa vie, son oeuvre...

La symbiose constitue une force évolutive majeure du vivant et de nombreuses adaptations pour limiter ou favoriser l'association symbiotique ont été documentées parmi les espèces. L'une des symbioses les plus fréquentes est constituée par des bactéries du genre *Wolbachia* manipulatrices de la reproduction et présentes chez les arthropodes et des vers parasites du genre filaire.

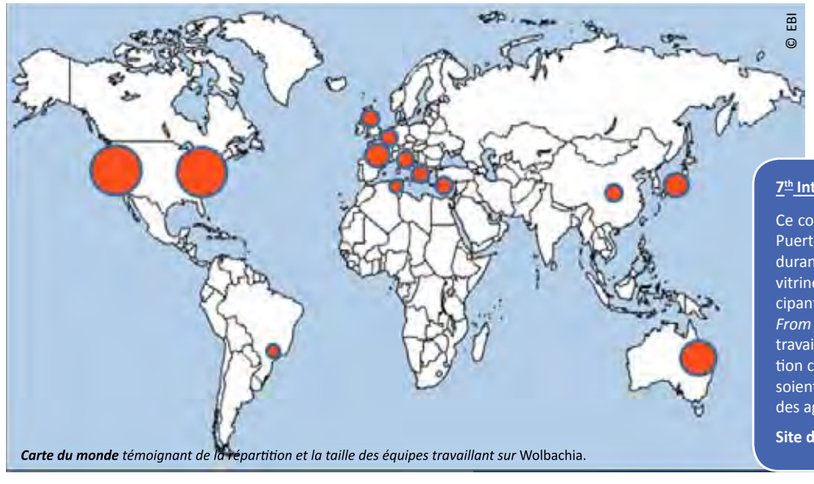
La recherche sur *Wolbachia* est en pleine expansion particulièrement chez les arthropodes, organismes les plus répandus sur terre. Ils colonisent tous les écosystèmes où ils peuvent être des auxiliaires de culture, des ravageurs ou des vecteurs de maladie chez les plantes, les animaux ou l'homme.

De multiples facettes

Les interactions symbiotiques entre animaux et microorganismes s'échelonnent du parasitisme au mutualisme. *Wolbachia* est souvent définie comme un « parasite de la reproduction » transmis maternellement et qui modifie la reproduction de son hôte selon différents mécanismes : la féminisation des mâles, l'isolement reproducteur, la mort des mâles, la parthénogenèse, la maturation des ovules, le développement des hôtes… Chez les crustacés, et en particulier chez les isopodes terrestres (ou cloportes), près de 60 % des espèces sont infectées par *Wolbachia*. Ces associations, étudiées par l'Equipe Evolution Symbiose du Laboratoire Ecologie & Biologie des Interactions (UMR 7267 CNRS/Université de Poitiers), constituent un modèle original car chez les cloportes l'effet de *Wolbachia* est dirigé soit vers le déterminisme génétique du sexe (féminisation) soit vers l'activité reproductrice (incompatibilité cytoplasmique) de l'hôte. La féminisation entraîne un conflit génétique nucléo-cytoplasmique (transmission mâle ou biparentale vs transmission femelle) à l'origine de la sélection de facteurs « parasites du sexe ».

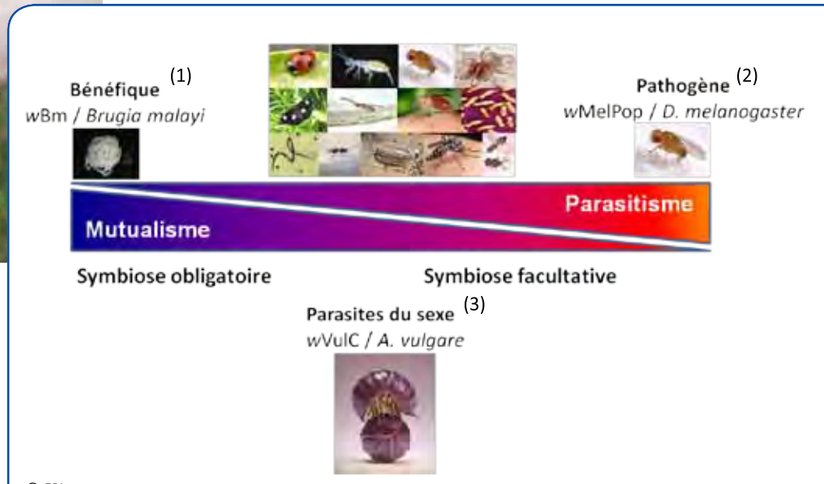
Ainsi dans le modèle le plus documenté, *Armadillidium vulgare*, plusieurs facteurs sexuels antagonistes ont été mis en évidence (féminisants d'origine symbiotique et masculinisants sélectionnés chez l'hôte).

Enfin des facteurs de résistance à la transmission de *Wolbachia* ont été également trouvés. L'analyse des fréquences de l'ensemble de ces facteurs dans les populations naturelles d'*Armadillidium vulgare*, a permis de proposer un modèle original d'évolution du déterminisme du sexe sous contrôle de la symbiose. La manipulation aisée des lignées d'isopodes terrestres maintenues au laboratoire (manipulation du déterminisme génétique du sexe, cages à populations, injections expérimentales…) permet de tester les hypothèses prédites. Ainsi l'histoire évolutive complexe de l'association *Wolbachia*-crustacés, est une illustration originale et unique d'une origine parasitaire du sexe au sein du vivant.



Carte du monde *témoignant de la répartition et la taille des équipes travaillant sur* Wolbachia.

Mosaïque d'animaux infectés par Wolbachia :
insectes, arachnides, nématodes et crustacés isopodes terrestres. Illustration de la symbiose obligatoire vers la symbiose facultative : trois types de manipulation de la reproduction exercée par Wolbachia, *(1) mutualiste chez la filaire Brugia malayi, (2) agent pathogène chez la drosophile Drospophila melanogaster, (3) parasite du sexe chez le modèle étudié par l'Equipe Evolution, Ecologie, Symbiose : Armadillidium vulgare.*
Les souches de Wolbachia *identifiées chez chaque espèce sont respectivement nommées WBm, WmelPop et wVulC..*



> *« réduire la transmission de maladies transmises par les moustiques »*

Une voie de contrôle des vecteurs d'agents pathogènes

Le développement de nouvelles méthodes de contrôle efficaces s'inscrivant dans le cadre du développement durable ne peut être envisagé qu'à partir d'une connaissance approfondie des interactions entre hôtes, symbiotes et pathogènes. Des programmes internationaux sont en cours, visant à contrôler certaines maladies et à offrir des opportunités de lutte biologique contre les insectes ravageurs ou vecteurs d'agents pathogènes. Ainsi *Wolbachia* est susceptible de réduire la transmission de maladies transmises par les moustiques (dengue, malaria). Par exemple une nouvelle stratégie consiste à retarder l'apparition de la résistance aux pesticides chez ces insectes piqueurs tout en évitant la transmission de maladies : l'injection d'une lignée de *Wolbachia* dans le moustique *Aedes aegypti* vecteur de la dengue, permet de réduire de moitié sa durée de vie et bloque sa capacité de transmission du virus. *Wolbachia* pourrait donc être utilisée comme moyen de lutte biologique.

Des équipes à travers le monde

L'Equipe Evolution Symbiose participe à des réseaux thématiques nationaux et internationaux*. Le COST *Arthropod Symbiosis* (programme européen de développement et de collaboration) rassemble les équipes de recherches réparties dans le monde et dont l'objectif est d'apporter une expertise dans le domaine de la lutte contre les ravageurs et les vecteurs à l'aide des associations symbiotiques. L'équipe est partie prenante du consortium européen *European Wolbachia* qui a mené le séquençage du génome de la souche de *Wolbachia d'A. vulgare*. Elle coordonne d'autre part plusieurs programmes ANR dont les objectifs sont de comprendre quels sont les mécanismes moléculaires permettant le maintien et l'évolution de systèmes symbiotiques.

Catherine SOUTY-GROSSET < EBI
catherine.souty@univ-poitiers.fr

Didier BOUCHON < EBI
didier.bouchon@univ-poitiers.fr

http://ecoevol.labo.univ-poitiers.fr/

(*) COST FA0701 *Arthropod Symbiosis*, REID groupe Résistance-Virulence, REID groupe Procaryotes-Eucaryotes, GDR 2157 éléments transposables, GDR écologie chimique, Immunité des Invertébrés.

7th International WolbachiaConference : une vitrine de la recherche en France.

Ce congrès a lieu tous les 2 ans. Il est hébergé en France pour la 1ère fois du 7 au 14 juin 2012, à St Pierre d'Oléron (après la Grèce, Puerto-Rico, l'Australie et la Californie). Les équipes françaises avaient été sollicitées depuis plusieurs années et plus particulièrement durant le dernier congrès organisé à Asilomar (Californie, USA). La 7th International *Wolbachia* Conference sera donc l'occasion d'une vitrine de la recherche sur *Wolbachia* en France répartie pour l'essentiel sur 3 centres : Poitiers, Lyon, Montpellier. Près de 200 participants représentant plus de 30 nationalités sont attendus. S'y déroulera aussi le Final Meeting de l'action COST *Arthropod symbiosis : From fundamental studies to pest and disease management* qui regroupe plus de 120 équipes de recherche réparties dans 26 pays et travaillant sur les interactions symbiotiques au sein du vivant (plantes, arthropodes, symbioses marines etc.). Du fait de cette organisation conjointe, les participants représenteront l'essentiel des équipes de recherche travaillant dans le monde sur les symbioses qu'elles soient animales ou végétales. Certaines coordonnent des programmes internationaux très fortement soutenus par des fondations ou des agences de dimension internationale (Bill et Melinda Gates Foundation, Welcome Trust, NIH et NSF).

Site du congrès : http://wolbachia2012.conference.univ-poitiers.fr

Un exemple d'habitat groupé en construction près de Nantes.
Il illustre la prégnance de la dimension écologique dans les projets des années récentes.

© MSH TOURS

Vers des formes **alternatives** de propriété

ALTER-PROP, équipe de sociologues, juristes et architectes, analyse des expériences de propriété partagée et d'habitats groupés écologiques et solidaires, dont l'archétype est la coopérative d'habitants, pour comprendre les évolutions sociales et juridiques récentes de la propriété.

Le logement est, de tout temps, l'une des préoccupations majeures des populations et, par conséquent, des politiques publiques. Jusqu'à la fin du XX^{ème} siècle, le développement économique permettait d'assurer pratiquement à tous l'accès au logement, sous des formes diverses selon les pays. Mais le XXI^{ème} siècle a débuté par l'éclatement des bulles financières et immobilières. Il en a découlé un enchérissement considérable du foncier urbain qui exclut de plus en plus de gens de la propriété. Parmi les réponses à cette crise, se trouvent celles de mouvements alternatifs, dont la filiation peut certainement remonter à la contestation sociale de 1968. Ces mouvements remettent en cause la propriété individuelle du logement et le dogme de la croissance, au nom de l'économie sociale et solidaire et de l'écologie. Ils mettent en avant de nouvelles manières de concevoir l'habitat, l'habiter et le vivre ensemble.

Un contexte sociopolitique en très forte évolution

La propriété collective n'est pas en soi chose nouvelle. Les formes en sont nombreuses dans les pays où le foncier est considéré comme inaliénable par des individus, comme on le voit en Afrique par exemple. La féodalité occidentale en représente certainement une forme dérivée. Les états socialistes en ont produit également avec des logiques très différentes.
Dans les sociétés occidentales de la modernité, à partir du XVIII^{ème} siècle, les droits individuels deviennent fondamentaux et celui de propriété tout particulièrement. L'Homme libre peut, entre autres, accéder à la propriété qui assure sa citoyenneté.
C'est après l'explosion consumériste des Trente glorieuses, suivies de la chute des régimes socialistes, puis de la croissance des économies de grands pays du tiers monde, que le libéralisme s'est imposé. Mais la financiarisation de l'économie a, paradoxalement, bouleversé le modèle capitaliste et réactivé les exigences de justice sociale. Des logiques de tiers-secteur (associatif, professionnel, participatif, etc.), voire des relectures du refus total de l'Etat, apparaissent de nos jours.

Cette situation, épiphénomène d'une crise sociétale profonde, génère des remises en question du triptyque républicain « Liberté, Egalité, Fraternité » qui ne suffit plus pour assurer une citoyenneté que l'on veut de plus en plus participative. Il ne fonde plus des politiques publiques que l'on voudrait plus solidaires et plus sensibles à la dimension écologique.

La remise en question de la propriété du logement comme droit individuel

La propriété, et celle du logement tout particulièrement, cristallise ces remises en question dont on comprend qu'elles sont à la fois politiques, économiques, environnementales. Elles conduisent à réactiver, contre un individualisme estimé forcené, des logiques de sociabilité, de solidarité, voire de communauté.

« mises en commun des espaces habités »

Mais lorsqu'il s'agit de la propriété du logement, le Droit et les pratiques réglementaires préservent la propriété individuelle et bloquent le plus souvent les idées de mises en commun des espaces habités.
Le programme ALTER-PROP*, s'attache à analyser la demande sociale concernant de nouvelles façons d'habiter et tout particulièrement les questions juridiques qui leur sont liées. Il prend en compte divers types de réalisation, à des échelles différentes, depuis le projet de quelques familles jusqu'aux

© MSH TOURS

***En Europe, les projets d'habitat groupé** prennent des formes multiples, mais posent tous la question des services afférents au logement, de la durabilité et du partage des espaces.*

© MSH TOURS

© MSH TOURS

Jardin et atelier partagés

opérations urbaines d'éco-quartiers. Les thématiques étudiées par ALTER-PROP recoupent les formes de sociabilité nouvelles de la copropriété, le développement de la dimension sociale (parfois explicitement de mixité sociale) des politiques des éco-quartiers, la transgression du Droit au nom du droit au logement (squats), diverses formes de location ou de colocation, etc. Mais l'objet central de cette recherche concerne les projets de coopératives d'habitants, comme alternatives possibles à la propriété individuelle, qui permettraient aux habitants-coopérateurs de mutualiser leurs ressources afin d'accéder collectivement au logement et de construire ensemble un projet de vie.

Des expériences du XXI^{ème} siècle

L'émergence de cette demande sociale en France date de moins de 10 ans. La propriété coopérative était autorisée et pratiquée après-guerre (Castors, unité d'habitation de Le Corbusier à Rezé, etc.). La loi Chalandon de 1971 a mis fin à ces expériences d'autogestion immobilière en interdisant la propriété collective partagée. Quelques expériences furent cependant encore réalisées dans les années 80, en tordant l'appareil législatif et le plus souvent en lien avec des bailleurs sociaux. Des exemples comme « Habitat différent » à Angers (Maine et Loire) ou « Les Naïfs » à Meylan (Isère) en témoignent. La loi s'imposant, ces réalisations restèrent isolées et l'écho de ces pratiques demeura très limité.
Tout au contraire, vers le milieu de la dernière décennie, ces exemples ont été remis sur le devant de la scène et des projets ont commencé à émerger pour réaliser des logements accessibles financièrement à des catégories sociales moyennes qui s'en trouvaient de plus en plus exclues. Il s'agit toujours de projets qui mettent en avant la dimension solidaire, économique et écologique. Le partage des ressources, pensées en termes de finances, de compétences, d'autopromotion, etc., doit permettre à des personnes en situations diverses, d'accéder à des logements de façon stable même si ce n'est pas en propriété. La mise en commun de services et d'équipements afférents à l'habitation (buanderie, jardin, garage, cave, cuisine, etc.) est au cœur de ces projets et recompose les modes d'habiter et de vivre ensemble. Dans les trois dernières années, de très nombreux groupes se sont créés en France autour de telles initiatives.

ALTER-PROP s'applique à comprendre les évolutions sociales et politiques qui ont conduit à l'émergence de l'économie sociale et solidaire. Il rassemble des cas significatifs, analyse les difficultés et mobilise des connaissances pour être force de proposition par rapport au champ institutionnel, mais également pour être source de références pour les porteurs des projets d'habitat groupé innovants. Les résultats de la recherche visent également à être incitatifs pour une évolution du droit de la propriété, de l'urbanisme au niveau national et européen. Ils devraient servir les politiques publiques de développement urbain durable.

Sylvette DENÈFLE < MSH
sylvette.denefle@univ-tours.fr

http://alter-prop.crevilles-dev.org/

(*) ALTER-PROP « Partages des espaces habités : vers des formes ALTERnatives de PROPriété » est un programme de recherche des universités de Bretagne Occidentale (Atelier de recherches sociologiques – EA ARS) et de Tours (Maison des Sciences de l'Homme Val de Loire – UMS 1835 CNRS/Université François Rabelais, et Laboratoire d'Etudes des Réformes Administratives et de la Décentralisation – EA LERAD). Il est financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR - Espace et territoire 2010).

L'ensemble des chercheurs du programme ALTER-PROP
se retrouve à l'occasion d'un séminaire trimestriel intitulé « Habiter, partager, innover ».

© MSH TOURS

La durabilité : *entre valeurs et pratiques*

© Thinkstock®

Le périurbain est actuellement un mode majeur de l'évolution des espaces habités. Aujourd'hui, il ne s'agit plus tant de le critiquer, dans l'espoir de le contrer, que de « faire avec » et donc d'envisager sa « durabilisation ».

Qu'en est-il du côté des habitants de ce périurbain ?

Le périurbain est souvent opposé à la ville compacte. Il est décrié comme consommateur d'espace, au détriment de terres agricoles ou d'espaces naturels, comme générateur de multiples déplacements en voiture, comme facteur d'allongement de ces déplacements.

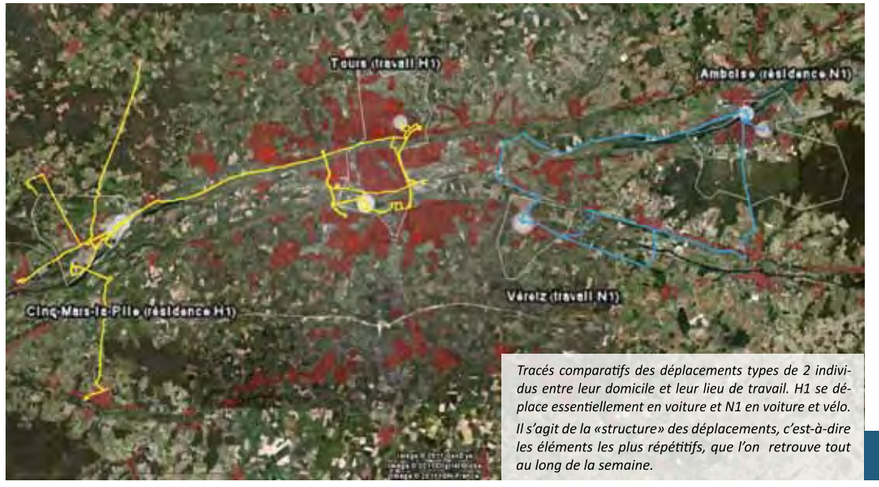
Dans le cadre d'un programme lancé par le PUCA*, une équipe du Laboratoire Cités, Territoires, Environnement et Sociétés (CITERES – UMR 7324 CNRS/Université François Rabelais de Tours), a piloté une recherche portant sur les justifications (c'est-à-dire les éléments explicatifs aux yeux de celui qui les fournit) que donnent les résidents du périurbain quant à leurs choix de déplacement (origine, destination, mode de transport, motif). Est visée, derrière la compréhension de ces justifications, la place qu'occupe la durabilité dans les systèmes de valeurs mobilisés, au-delà des discours recueillis, dans les pratiques de déplacement, en lien avec les choix de localisation et les modes d'habiter.
Le laboratoire a mené une enquête auprès d'une quarantaine d'individus résidant ou travaillant dans le périurbain tourangeau. Ce géotype est défini par l'extension spatiale des allers et retours quotidiens entre le domicile et le travail. Bien que se situant à une heure de Tours par TGV, qu'empruntent de nombreux navetteurs, Paris a été exclu, ne répondant pas à une logique de périurbanité. L'échantillon retenu ne veut pas être représentatif d'une population locale, régionale ou nationale. Il vise une diversité concernant des critères : de lieu de résidence, de lieu de travail, d'âge, de genre, de composition de la famille et de revenus.

Une enquête

La phase d'enquête se déroule en trois étapes. Dans un premier temps, chaque personne de l'échantillon s'est vu confier un logger-GPS durant une semaine qualifiée par la personne elle-même d'ordinaire, de façon à recueillir avec exactitude l'intégralité de ses déplacements. Le deuxième temps consiste en la confection de la carte des déplacements, à partir des données recueillies : les tracés sont ainsi reportés sur un fond de carte de type Google Earth©, avec possibilité de zoomer autant que le requiert la précision (de l'ordre du mètre avec un pas de temps de 1 à 3 secondes selon la vitesse, du fait de la capacité du matériel en termes de mémoire). Parallèlement, un tableau répertorie pour chaque déplacement, les coordonnées de départ et d'arrivée et la vitesse, ce qui permet d'en induire le mode de transport, la nature du point origine (logement, lieu de travail, lieu de consommation, école…) et du point de destination, donc le motif principal du déplacement. Dans un troisième temps, cette carte et le tableau correspondant sont présentés à son "auteur" lors d'un entretien visant à comprendre le sens qu'il donne à ses déplacements, définissant ainsi sa mobilité.

Un entretien vérité

Lors de cet entretien, la personne est d'abord invitée à présenter sa « vie spatiale » (les lieux qui ont compté dans sa vie : les différents logements, les lieux de scolarité, de travail… et les modes de déplacement utilisés) permettant d'obtenir un « profil de mobilité et de spatialité ». Ensuite, il s'agit d'obtenir des clefs de compréhension des déplacements ou types de déplacement de la semaine GPS. C'est une véritable épreuve de vérité puisque les données, indiscutables, donnent à l'enquêteur l'occasion de remettre en cause la nécessité de s'être déplacé comme cela s'est effectivement fait. En fait, l'enquêteur demande, au final, *« pourquoi n'avez-vous pas fait autrement (autre moyen de transport, autre moment…) ? »*. Enfin, la personne est amenée à parler à l'enquêteur de ce qu'elle fait ou pourrait faire qui entre, selon elle, sous le qualificatif de « durable », concernant spécifiquement les pratiques de déplacement (modes doux, usage des transports en commun, covoiturage, entraide…) ou plus largement (pratiques alimentaires, isolation de la maison, jardinage, éco-citoyenneté…). L'objectif ici, par une mise en perspective de l'ensemble des données quantitatives et qualitatives recueillies, est de comprendre la place qu'occupe la durabilité dans le système de justifications des pratiques et les valeurs que la personne applique ou tente d'appliquer, auxquelles parfois elle renonce.



Tracés comparatifs des déplacements types de 2 individus entre leur domicile et leur lieu de travail. H1 se déplace essentiellement en voiture et N1 en voiture et vélo.
Il s'agit de la «structure» des déplacements, c'est-à-dire les éléments les plus répétitifs, que l'on retrouve tout au long de la semaine.

Le durable, une valeur négociée ?

Le protocole mis en œuvre a permis de mettre en évidence, selon les individus, des systèmes de valeurs qui sont plus ou moins cohérents dans leurs traductions pratiques, jusqu'à l'absence de cohérence ou l'absence de système de valeurs cohérent (cohérent en soi et par rapport aux pratiques de déplacement mises en évidence par le logger-GPS). Ces discours ont aussi amené à devoir considérer cette cohérence non dans le champ de la seule mobilité mais dans celui composé de l'ensemble des pratiques, spatiales ou non spatiales, pour peu qu'elles puissent entrer dans la question de la durabilité. Pour certains la cohérence est compréhensible à l'échelle d'un « poste » (la mobilité, la consommation alimentaire, le jardinage, le logement...), pour d'autres elle n'apparaît qu'à une échelle plus englobante.

« la figure de l' "écolo" et celle du "bon sens" »

Plus largement, il est mis en évidence que la durabilité peut revêtir deux aspects : celle d'une valeur à défendre (pour laquelle militer, d'un objectif à atteindre) ou bien celle d'une évidence. On a ainsi, parmi d'autres, la figure de l' « écolo » et celle du « bon sens ». Cela renvoie au fait que les pratiques peuvent être de deux ordres. Elles sont, pour certaines, volontairement respectueuses de l'idée de durabilité érigée comme principe moral au sens kantien du terme. Pour d'autres, elles sont seulement conformes à l'idée de durabilité sans que pour autant cette idée soit mobilisée : cela peut être le simple bon sens mais aussi par le fait de motivations et de moteurs de l'action autres (le porte-monnaie, par exemple).
Ces systèmes de valeurs plus ou moins cohérents, incluant ou non la durabilité, se heurtent néanmoins systématiquement à la matérialité des faits : le territoire de vie, les circonstances du moment (contraintes familiales, météo, imprévus...). L'individu oscille alors, dans la mise en application de ses valeurs face à la contingence, entre le respect de celles-là et un pragmatisme plus o u moins obligé.
Cette négociation avec soi-même se décline sous deux formes principales, non exclusives l'une de l'autre. On a d'une part la conciliation qui se situe dans un champ (celui de la mobilité, par exemple) et à l'échelle temporelle de la quasi instantanéité, de la décision sur le moment, en situation. D'autre part, la compensation correspond à l'imbrication de plusieurs champs et à des échelles temporelles plus longues, permettant d'obtenir un équilibre acceptable aux yeux-mêmes de la personne, voire de se donner une « bonne conscience », face à l'enquêteur et face à soi-même.

Denis MARTOUZET < CITERES
denis.martouzet@univ-tours.fr
http://citeres.univ-tours.fr/

(*) Le Plan Urbanisme Construction Architecture du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer a lancé en 2009 un appel à propositions de recherche portant sur "La mobilité et le périurbain à l'impératif de la ville durable : ménager les territoires de vie des périurbains". Le PUCA a ainsi financé 9 projets de recherche dont celui de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de CITERES intitulé "PériVia : le périurbain à l'épreuve des modèles d'habiter, la viabilité périurbaine entre théorie(s) et pratique(s)". Il a débuté en

***Le logger-GPS** accompagne chaque individu quel que soit son mode de déplacement : en voiture, en transports en commun, à vélo, à pied…*

© DCPC-COM/CNRS

© DCPC-COM/CNRS

© Thinkstock®

Les plasmas sont partout...

Milieu le plus répandu de l'univers et récemment familier du grand public grâce aux écrans éponymes, le plasma est à l'étude dans les laboratoires de la délégation Centre Poitou-Charentes.

A l'état naturel qu'ils soient éclairs, soleil ou étoiles, ils sont d'inépuisables sources d'inspiration… pour les physiciens. Au sein des laboratoires ils deviennent les acteurs majeurs de l'élaboration des emblèmes technologiques actuels en microélectronique et nanotechnologies. Leurs propriétés multiples leur permettent de conquérir de nouveaux domaines tels la médecine ou les transports.

Les plasmas naturels

Parmi toutes ses thématiques, le Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace (LPC2E – UMR 7328 CNRS/Université d'Orléans) étudie la physique des plasmas spatiaux et l'ensemble des environnements ionisés. En effet le Soleil, le vent qui s'en échappe appelé vent solaire, et les environnements spatiaux des différents objets du système solaire sont des plasmas. Les environnements et les interactions de ces objets sont très variés en fonction qu'ils possèdent un champ magnétique et/ou une atmosphère comme dans le cas des planètes, ou qu'ils présentent un environnement poussiéreux comme dans le cas des comètes. La physique des plasmas spatiaux est fortement orientée vers l'observation à bord de satellite et le LPC2E est internationalement reconnu pour ses instruments de mesure proposés avec succès sur de nombreuses missions spatiales passées et futures.

L'environnement spatial de la Terre occupe une place particulière. Sa proximité et les multiples interactions existant entre les plasmas le constituant en font un laboratoire d'étude idéal. L'investigation des interactions et des couplages entre magnétosphère et ionosphère est cruciale pour la compréhension de l'environnement terrestre.
Le champ magnétique terrestre agit comme un bouclier magnétique qui protège notamment le vivant d'interactions néfastes avec des particules hautement énergétiques. Une partie des particules ionisées du vent solaire peut cependant pénétrer ce bouclier, venir se piéger le long du champ magnétique de la Terre et précipiter dans l'atmosphère. Les mécanismes contrôlant la pénétration de ces particules dans la magnétosphère (sphère où le champ magnétique terrestre est prépondérant) et la haute atmosphère (appelée ionosphère et qui est un plasma très faiblement ionisé) sont complexes et sources de recherches actives. La vitesse du vent solaire en amont de la magnétosphère terrestre est supersonique. Il se produit alors un choc, c'est-à-dire une variation très brusque de la vitesse du vent qui permet le contournement et l'adaptation à l'obstacle terrestre. Ce choc appelé « choc en amont » est particulièrement riche en enseignement car ses caractéristiques dépendent de la composition et des propriétés du vent et de la magnétosphère. Un tel choc s'observe aussi en amont du Soleil et aussi d'étoiles plus lointaines : entre le vent stellaire expulsé par l'étoile et le milieu interstellaire. L'étude *in-situ* dans le cas de la Terre, à l'aide de missions spatiales telles que Cluster, permettra l'extrapolation aux astres lointains pour lesquels les seules données accessibles sont fournies par la lumière.

La physique du Soleil présente encore également de nombreuses questions en suspens auxquelles la physique des plasmas apporte une contribution forte : comment le champ magnétique émerge-t- il du corps interne de l'astre ? Quel est son impact sur l'atmosphère solaire ou sur les mécanismes

© D. DUCROS < CNES®

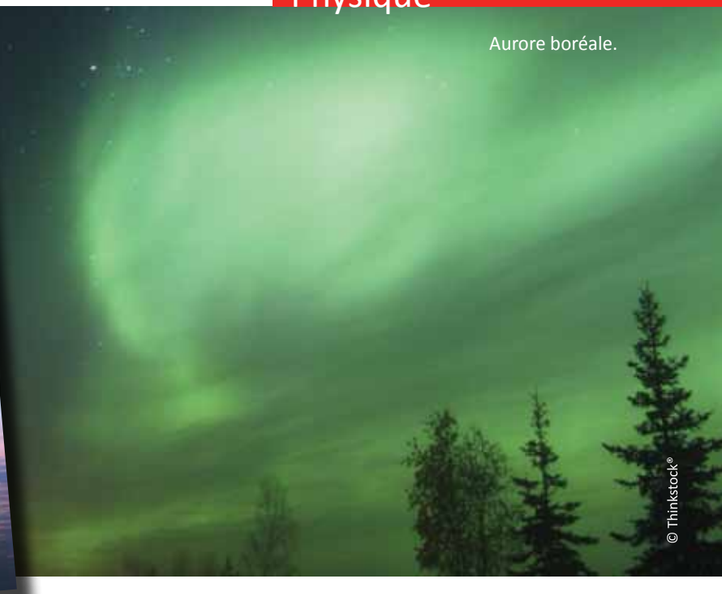
Les phénomènes qu'étudiera TARANIS, sont des sortes de gigantesques éclairs se propageant du sommet des nuages vers la haute l'atmosphère. Ils se produisent au-dessus des plus gros orages. Ils se caractérisent à la fois par leur brièveté et par l'intensité des rayonnements qu'ils émettent, principalement X et gamma, en direction de l'espace. À 700 km d'altitude, le satellite TARANIS sera idéalement placé pour les observer et étudier leur influence sur les couches supérieures de l'atmosphère, voire la météo.

impliqués dans la formation de la couronne et du vent solaire ? Par quel phénomène peut-on expliquer l'activité éruptive de l'astre ? Tenter d'apporter des éclaircissements sur ces points constitue les objectifs scientifiques des missions solaires SOLAR Orbiter et Solar Probe+ pour lesquelles le LPC2E contribuera à fournir des capteurs de champ électrique et magnétique.
Au-delà de cette grande famille de plasmas magnétisés (qui englobe les étoiles, les vents et les magnétosphères), une autre catégorie de plasma est présente dans l'espace : le plasma poussiéreux qui existe dans les queues des comètes. La mesure de ses caractéristiques (température, composition) est un challenge que relève la mission ROSETTA équipé d'un capteur développé au LPC2E.

« d'impressionnants phénomènes lumineux »

Plus récemment, de nouvelles questions sont apparues sur le couplage entre l'environnement spatial de la Terre et la haute atmosphère neutre. Depuis les années 1990, on sait que l'atmosphère au dessus des orages est le lieu d'impressionnants phénomènes lumineux (Transient luminous event-TLE) et de très énergétiques émissions de bouffées de rayonnement gamma (Terrestrial Gamma ray flashes TGF), encore plus énergétique que les rayons X. Les données disponibles actuellement indiquent que la génération de ces TLE et TGF est liée aux puissantes décharges électriques se produisant dans les nuages d'orages. La découverte tardive de ces phénomènes a permis aux physiciens des plasmas naturels de mettre en évidence les limites de leur compréhension des processus à l'œuvre dans les orages. L'existence de ces phénomènes prouve que les orages affectent non seulement la troposphère (la couche de l'atmosphère dans laquelle nous vivons) mais aussi toutes les couches de l'atmosphère jusqu'à l'ionosphère et le proche environnement spatial de la Terre.

En ces temps d'interrogations sur la nature et les conséquences d'un probable réchauffement climatique global, il est important de tout faire pour mieux comprendre la nature des interactions entre les différentes couches de l'atmosphère au dessus de nos têtes et le proche environnement spatial de la Terre.
Le LPC2E a la responsabilité scientifique et technique du satellite TARANIS dont le lancement est prévu pour 2015. Il sera dédié à l'étude des TLE et TGF. Le concept de la mission TARANIS et le choix de l'instrumentation embarquée permettront de répondre aux nombreuses questions restant en suspens concernant les processus physiques à l'origine de ces phénomènes.


© Thinkstock®

Aurore boréale.

Les plasmas industriels ou de laboratoire :
De l'exploration de l'espace…

En s'éloignant, un satellite laisse apparaître l'intense lumière bleue du plasma de xénon de ses propulseurs électriques. Les ions de xénon accélérés et éjectés à très grande vitesse (20km/s) permettent, par transfert de quantité de mouvement, de mouvoir un satellite. Ces propulseurs sont aujourd'hui principalement utilisés pour le maintien à poste et la correction de trajectoires de satellites géostationnaires de télécommunication. Plusieurs missions d'exploration font appel à des propulseurs plasmas prouvant ainsi la maturité de la technologie.
D'autres propulseurs électriques, à effet

© GREMI

Propulseur à effet Hall en fonctionnement au GREMI.
L'intense lumière bleue est émise par un plasma de xénon.

© ICARE

Découverte surprenante !
Stratification d'une décharge radiofréquence sous l'effet combiné d'un champ magnétique et électrique.
La structure formée, dont la géométrie est celle d'un ruban, transporte l'énergie de la source vers la région en aval, ce qui explique sa luminosité.
De haut en bas : décharge dans l'Ar, SF^6 et O_2.

Physique

© GREMI

***Observation par diffusion laser d'un nuage de poussières** formé et confiné dans un plasma.*

Hall, font appel à un plasma magnétisé. Ils sont au cœur des investigations sur ce thème menées à l'Institut de Combustion Aérothermique Réactivité et Environnement (ICARE – UPR 3021) et au Groupe de Recherches sur l'énergétique des milieux ionisés (GREMI - UMR 7344 CNRS/Université d'Orléans) depuis plus de 15 ans. Il s'agit de mieux comprendre les phénomènes de transport ionique et atomique, les interactions plasma/surface, l'impact de la topologie magnétique et les propriétés électroniques. L'un des objectifs est l'élaboration de lois d'échelle permettant l'extrapolation de la technologie. Ainsi vers les fortes puissances, le cap du Newton a été franchi par le propulseur PPS20k-ML lors d'essais récents dans le moyen d'essai PIVOINE 2G à Orléans. Les équipes réfléchissent au développement de nouveaux concepts capables d'offrir un meilleur niveau de performances ou de nouvelles sources. L'équipe d'ICARE travaille depuis 3 ans sur le concept de propulseur à plasma ion-ion PEGASES en étroite collaboration avec les chercheurs du Laboratoire de Physique des Plasmas (LPP – UMR 7648 CNRS/Ecole Polytechnique/Université Paris Sud et Pierre et Marie Curie) pour caractériser les performances du prototype et appréhender la physique complexe des plasmas ion-ion. De façon plus générale, l'équipe s'intéresse aux questions fondamentales liées à la turbulence et aux instabilités dans les décharges magnétisées.

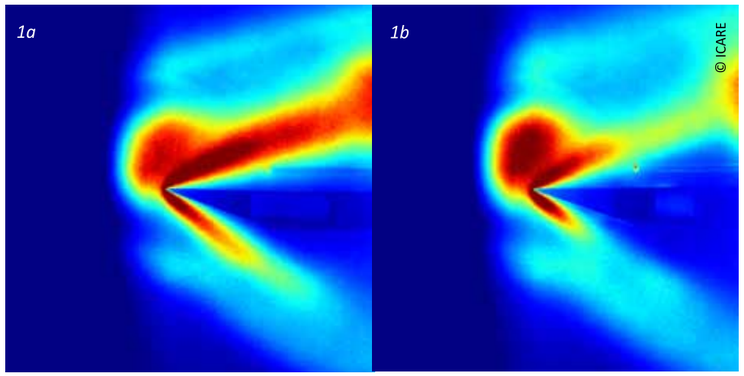
Au retour sur Terre…

Une sonde spatiale doit résister aux vibrations générées lors du décollage et à l'exposition au vent solaire afin de mener à bien sa mission. Mais cela ne suffit pas.

« la sonde est en réalité enveloppée par un plasma »

Elle doit également être conçue et dimensionnée pour survivre à la phase critique que constitue la descente à très grande vitesse – plusieurs kilomètres par seconde – dans une atmosphère planétaire ; on parle de rentrée. Chaque sonde est ainsi équipée d'un bouclier thermique en matériau composite qui la protège contre la température extrême qui résulte des innombrables collisions avec les molécules des couches atmosphériques de haute altitude. La température est si élevée que la sonde est en réalité enveloppée par un plasma.

La conception d'un bouclier thermique nécessite de connaître avec précision les conditions thermodynamiques du plasma qui règne au niveau de l'onde de choc située légèrement en aval de la sonde. En particulier, les scientifiques s'efforcent de quantifier les flux d'énergie à l'origine de l'élévation de la température des parois. L'approche choisie combine expériences et simulations numériques. La soufflerie PHEDRA de ICARE simule les conditions d'entrées atmosphériques pour des planètes telles que Mars, Titan, Venus, Jupiter ou encore la Terre. Le plasma est produit en continu au moyen d'un arc électrique ; il s'écoule à une vitesse supersonique dans un environnement à basse pression. Les travaux portent sur les caractéristiques radiatives du plasma observées sur une large gamme spectrale et sur les propriétés du fluide électronique. Il s'agit de rassembler des données précieuses pour la validation des outils de calcul. Récemment, une autre voie de recherche s'est développée. Il s'agit d'étudier la modification de l'écoulement du plasma autour d'un obstacle qui découle de la présence d'un champ magnétique. Un contrôle actif de l'écoulement permettrait par exemple d'éloigner l'onde choc et de diminuer ainsi le transfert de chaleur vers la sonde.



Photographie CCD de l'interaction d'un jet supersonique de plasma avec une plaque biseautée.
Ecoulement libre (1a) - Ajout du champ magnétique (1b): l'intensité de l'onde est atténuée.

Toute cette énergie que délivre ou convertit un plasma a également des applications en aéronautique et le GREMI, en collaboration étroite avec le laboratoire PRISME (EA 4229 – Université d'Orléans), ont utilisé des plasmas pour modifier l'écoulement d'air autour des véhicules dans l'objectif d'augmenter la portance ou de diminuer la traînée afin d'améliorer l'efficacité énergétique.

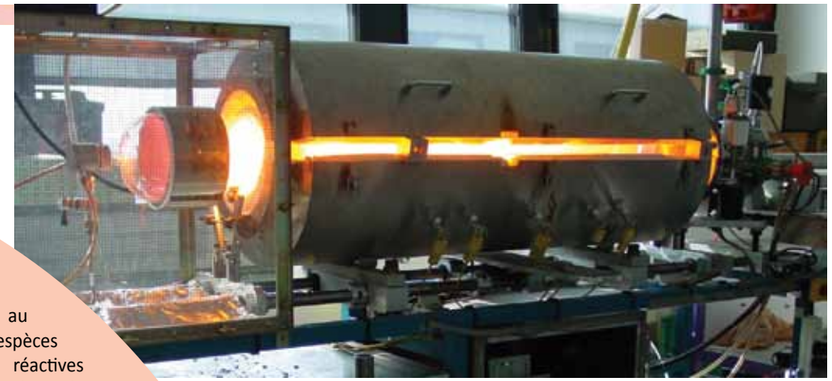
A la production d'énergie propre

D'un point de vue plus « terrestre », d'autres propriétés sont exploitées car les milieux plasmas sont capables d'initier des réactions chimiques à pression atmosphérique et à basse température. Ainsi les plasmas peuvent être utilisés pour le traitement d'effluents gazeux afin d'éliminer les rejets nocifs. Une des principales applications concerne la dépollution automobile ; dans ce cas un réacteur plasma peut être associé à un pot catalytique afin d'améliorer ses performances. Conjointement, la génération d'un plasma dans la chambre de combustion d'un moteur thermique favorise la combustion et permet un fonctionnement stable en mélange pauvre tout en réduisant les émissions d'hydrocarbures imbrûlés. Les propriétés physicochimiques des plasmas développées en dépollution peuvent être utilisées dans des domaines variés et notamment lors de la conversion de la biomasse par pyrolyse ou gazéification. Dans ce type d'application, le plasma convertit les goudrons et éléments lourds en combustibles légers et contribue ainsi à une valorisation de la biomasse par purification et enrichissement en hydrogène des mélanges gazeux produits.

« la conception des nouvelles sources d'énergie »

Les plasmas de laboratoire interviennent aussi dans la conception des nouvelles sources d'énergie que sont les piles à combustible. Ces piles sont capables de délivrer de l'énergie en recombinant hydrogène et oxygène avec pour résidu… de l'eau !
Les recherches sur les piles à combustible se développent de manière importante partout dans le monde et au GREMI en particulier. Ces piles proposent une réponse aux contraintes environnementales (véhicules propres) et constituent potentiellement une source d'énergie alternative. Elles répondent aux exigences technologiques dans les domaines du spatial, du sous-marin, de l'électronique portable, de l'alimentation électrique de sites isolés et des micro-systèmes.

Le GREMI, le Laboratoire de catalyse en chimie organique (LACCO – UMR 6503 CNRS/Université de Poitiers) et l'Institut Européen des Membranes (IEM - UMR5635 CNRS/ENSM/Université de Montpellier 2) se sont associés, en partenariat avec le MID Dreux Innovation et le CEA, depuis plusieurs années pour contribuer à développer des catalyseurs et des procédés de fabrication de couches catalytiques dans le but de rendre la technologie d'une part économiquement viable et d'autre part compatible avec les ressources naturelles de platine. Plusieurs projets se sont succédés depuis 2004 avec pour objectif la réduction de la quantité de catalyseurs, en particulier le platine, en utilisant les procédés plasma développés au GREMI. Le premier résultat important a été de faire fonctionner une pile avec une charge de 10 µg de Pt par cm^2 d'électrode. A ce jour, ce sont les meilleures performances qui ont été obtenues au monde.



Plasma d'azote dans le réacteur URANOS à PPRIME.

URANOS et TAPIIR,
deux réacteurs plasma pour le traitement de surface

La surface des matériaux joue un rôle crucial dans nombre d'applications industrielles. Dès lors, la maîtrise des traitements visant à la modifier et à lui conférer des propriétés fonctionnelles spécifiques est indispensable à la réussite industrielle. Le Département Physique et Mécanique des Matériaux de l'Institut P' s'intéresse aux relations entre composition chimique, microstructure et propriétés des matériaux obtenus après modification physicochimique des surfaces par réaction-diffusion assistée plasma ou par implantation ionique en immersion plasma (PIII)

Deux réacteurs « plasma »

URANOS (Unité de Réaction Assistée pour la Nitruration et l'Oxydation des Surfaces) est principalement utilisé pour la nitruration de surface de matériaux métalliques afin d'augmenter la dureté de surface, améliorer les propriétés tribologiques et/ou la résistance mécanique des matériaux. D'autres applications ont aussi été étudiées (oxydation, hydrogénation, …) sur d'autres types de matériaux (semi-conducteurs, céramiques, polymères). Les gaz précurseurs sont introduits dans un tube de quartz muni d'un système de pompage secondaire régulé à la pression de travail (0.5 – 15Pa). Le plasma est créé par excitation radio-fréquence (13,56 MHz) au moyen d'une électrode située à l'extérieur du tube. Cette électrode spécifique permet d'obtenir un milieu uniforme dans l'ensemble du volume du tube. Il s'agit ici d'un plasma dit froid, c'est-à-dire un milieu dans lequel les ions ont une énergie cinétique faible (quelques eV). Les échantillons étant placés au potentiel flottant au sein du plasma, cette caractéristique permet de traiter les matériaux sans en dégrader les surfaces par pulvérisation. Enfin, un four électrique entourant le tube ajuste la température du traitement jusqu'à 1000°C et contrôle la diffusion des espèces chimiques dans le matériau.

L'utilisation d'un plasma présente trois avantages principaux par rapport aux techniques usuelles de nitruration utilisant une voie liquide ou gazeuse :

- le traitement de matériaux impossibles à nitrurer par d'autres méthodes,
- des traitements à température plus basse qui préservent les propriétés de cœur des matériaux tout en ayant un temps de réalisation plus court
- une forte diminution des quantités de réactifs et une gestion des effluents plus facile et moins coûteuse.

Le deuxième réacteur, TAPIIR (Thermally Assisted Plasma Ion Implantation Reactor –PIII), est constitué d'un réacteur plasma similaire à URANOS auquel est adjoint un générateur d'impulsions à haute tension (1- 40 kV). Ces impulsions sont appliquées au porte-échantillon ; elles accélèrent les ions du plasma et l'énergie cinétique acquise leur permet d'être implantés dans le matériau, indépendamment des barrières énergétiques de surface qui bloquent les réactions chimiques. L'apport d'énergie se traduit aussi par une pulvérisation et un échauffement de la surface. Ce dispositif est utilisé dans le domaine des semi-conducteurs, par exemple pour la création de centres de piégeage des impuretés et surtout pour le traitement d'alliages métalliques. Dans ce dernier cas, la PBII offre, par rapport aux implanteurs en ligne, la possibilité de traiter directement des pièces de formes complexes.

Michel DROUET > PPRIME
Michel.Drouet@univ-poitiers.fr

Luc PICHON > PPRIME
luc.pichon@univ-poitiers.fr

http://www.pprime.fr/

Le plasma, un outil

Il devient universellement vital de limiter l'usage et le gaspillage des ressources de la planète. L'utilisation de quantités importantes de matières premières précieuses est inutile dès lors que seule la surface de l'objet est importante : pourquoi utiliser de l'or massif si seul l'aspect doré d'une surface est important ? On travaillera alors avec un plaquage or pour économiser la ressource.

« de nouveaux matériaux...aux exigences industrielles »

Le plasma sous différentes formes est utilisé pour fabriquer des dépôts pérennes d'un matériau simple ou composé sur un substrat. Il est aussi possible d'élaborer de nouveaux matériaux aux propriétés répondant aux exigences industrielles.

Le plasma est utilisé au GREMI pour fabriquer des transducteurs photo-thermiques (qui transforme la lumière reçue en chaleur) pour des applications en physique des surfaces. Le contrôle des procédés plasma permet de réaliser des dépôts de couches très minces métalliques. Ainsi déposer une fine couche de 100 à 500 nm (100 nm est 0.1 millième de millimètre) de tungstène sur du fer sur différents substrats confère à l'ensemble une très bonne conductivité de la chaleur tout en évitant l'utilisation du tungstène massif.

Les plasmas contiennent parfois des objets solides en suspension. Ces objets peuvent être fabriqués par le plasma lui-même via de nombreuses réactions chimiques et physiques. Le laboratoire étudie ces plasmas « poussiéreux » impliqués dans de nombreux domaines, du fondamental de ces milieux jusqu'à leurs applications industrielles : matériaux nanostructurés pour le photovoltaïque, le biomédical ou l'optique, métrologie de nanopoudres, traitements de poudres,… Et puis dans la vie quotidienne, les plasmas sont aussi utilisés dans la conception des nouvelles technologies. Chaque année les systèmes sont de plus en plus rapides, de plus en plus miniaturisés et en partie grâce aux prouesses des procédés plasmas. Au GREMI, la recherche active dans le champ des nanotechnologies concerne la gravure du silicium, les connections électriques à l'échelle submicronique et les drains thermiques, les traitements de surface.

Mais encore…

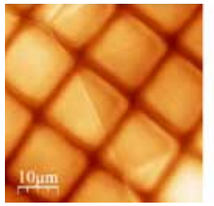
Au laboratoire, sont développées de nouvelles sources de plasma pour des applications en biologie. De nouvelles sources dans les domaines X et UV ouvrent les frontières de l'imagerie médicale. Microdécharges et plasmas atmosphériques sont à l'étude dans le domaine du traitement des cellules cancéreuses. Un effet antitumoral des plasmas a été démontré pour la première fois. Le traitement de tumeurs cérébrales par plasma a montré la diminution du volume tumoral lié à l'induction d'un fort taux d'apoptose dans la tumeur. Ces premiers résultats, ainsi que d'autres obtenus sur différents types de cellules cancéreuses, particulièrement encourageants, ouvrent peut-être la voie à de nouvelles approches thérapeutiques.

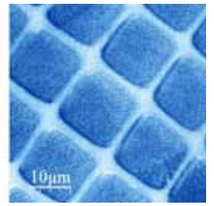
Titaina GIBERT > GREMI
titaina.gibert@univ-orleans.fr

Aurélie MARCHAUDON > LPC2E
aurelie.marchaudon@cnrs-orleans.fr

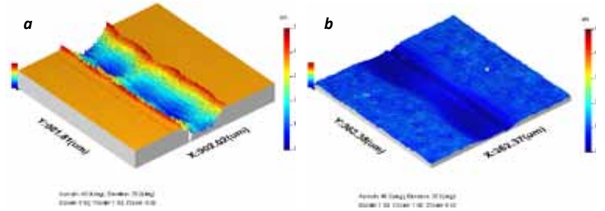
Stéphane MAZOUFFRE > ICARE
stephane.mazouffre@cnrs-orleans.fr

http://www.univ-orleans.fr/gremi/
http://lpce.cnrs-orleans.fr/
http://www.icare.cnrs-orleans.fr/





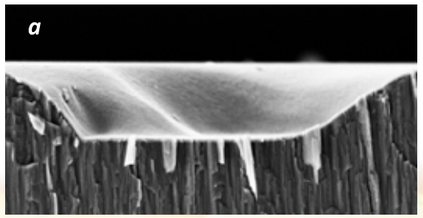
Images de microscopie à force atomique (AFM) et microscopie à force magnétique (MFM) *obtenues sur une surface d'acier inoxydable micro-structurée par nitruration localisée. Les plots carrés, nitrurés, sont saillants et magnétiques alors que les sillons intermédiaires sont restés non magnétiques.*

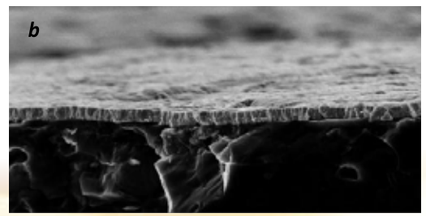


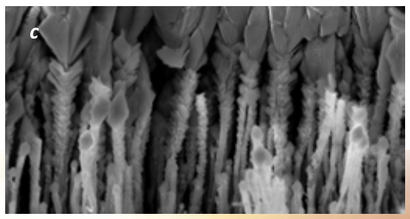
Piste d'usure obtenue après un test de tribologie *(1N, 600m, bille de rubis) sur : a) CoCrMo vierge et b) CoCrMo nitruré plasma 20 h à 400°C sous N_2/H_2.*

Les CoCrMo *sont des alliages dits «base cobalt» utilisés pour les prothèses médicales.*

a : dépôt d'un transducteur de titane *(Ti) sur une couche mince de nitrure d'alumininm (AlN) -* ***b : dépôt de transducteur (couche absorbant des photons UV) de titane (Ti)*** *sur un substrat de Si mésoporeux -* ***c : Tapis de nanotubes de carbones (NTC)*** *enrobé d'une couche de nitrure d'aluminium (AlN).*







© Thinkstock®
© Movida®

Aéroport de Kiruna, Suède.

Hiver 2011 en région arctique :

Une diminution record d'ozone.

La découverte du « trou dans la couche d'ozone » au milieu des années 80, a provoqué une mobilisation sans précédent de la communauté scientifique. Depuis maintenant plus de vingt ans, un effort considérable a été fourni pour comprendre et quantifier les mécanismes essentiels de destruction de l'ozone stratosphérique (couche située au dessus de 10 km d'altitude) en région polaire.

La destruction de l'ozone est due à des cycles catalytiques faisant intervenir des radicaux halogénés actifs qui sont régénérés à la fin de chacun des cycles. La présence d'espèces halogénées dans la stratosphère provient majoritairement de l'injection par l'homme de composés inertes dans la troposphère (CFCs). Ils peuvent atteindre la stratosphère où ils sont photodissociés et transformés en espèces réservoirs non réactives sur l'ozone.

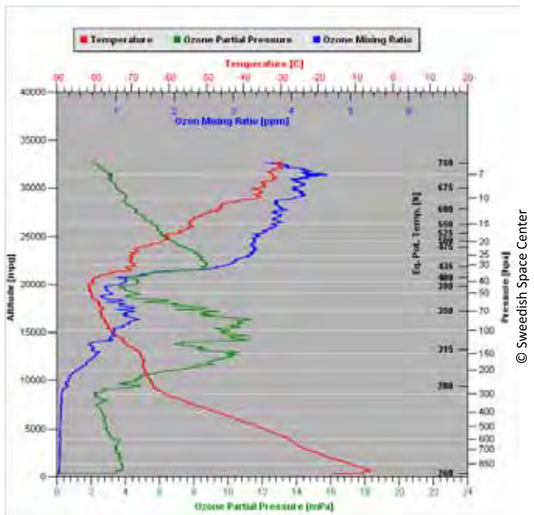
« ce tourbillon...réacteur chimique au dessus des pôles »

La présence de radicaux détruisant l'ozone dans la stratosphère est due à la formation de nuages stratosphériques polaires qui transforment les espèces réservoirs en espèces actives par le biais de réactions hétérogènes à leur surface. Ces nuages stratosphériques polaires se développent durant la période hivernale où l'absence de rayonnement solaire conduit au refroidissement des masses d'air. Ce refroidissement (les températures peuvent atteindre -80 °C) entraîne également la descente de l'ensemble des couches atmosphériques qui s'accompagne de la mise en place d'une circulation stratosphérique quasi-circulaire appelée tourbillon polaire. A la frontière de ce tourbillon des vents forts pouvant aller jusqu'à 100 m/s apparaissent, isolant les masses d'air polaire des masses d'air des moyennes latitudes. Ainsi ce tourbillon fait office de réacteur chimique au dessus des pôles.

La région polaire arctique est moins touchée par cette diminution d'ozone que la région polaire antarctique, car il y règne des températures en moyenne plus élevées en raison de la présence de surfaces continentales plus importantes perturbant le flux moyen. Des échanges sont plus fréquents entre les masses d'air des moyennes latitudes (plus chaudes) et la région polaire. La formation des nuages stratosphériques polaires est donc moins systématique en région arctique. Alors qu'en antarctique la diminution d'ozone atteint plus de 60 % de la colonne totale, en arctique elle est très variable et n'avait pour le moment atteint au maximum que 30 %.

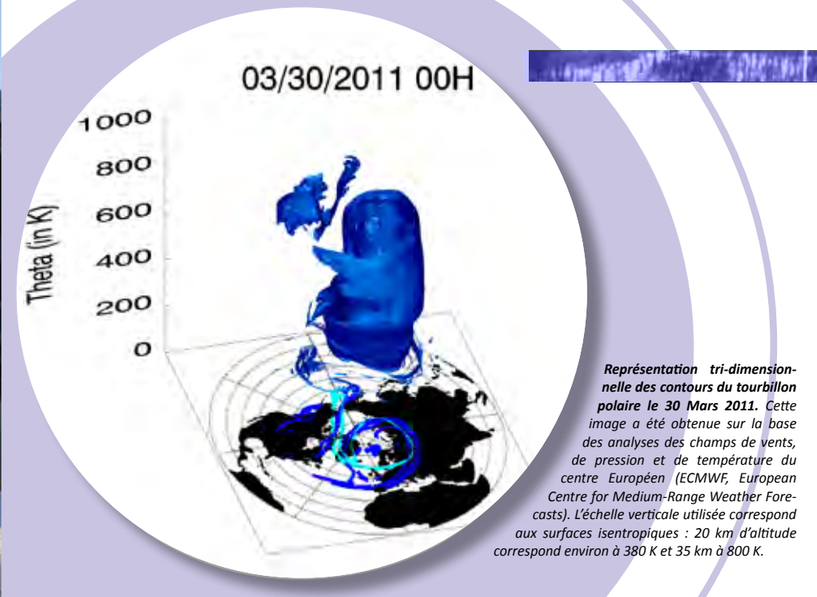
Un échantillonnage précis

Actuellement les études menées par le Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace (LPC2E – UMR 7328 CNRS/Université d'Orléans) se consacrent aux évolutions du bilan radiatif de la stratosphère. Elles ne sont à ce jour pas prises en compte dans les modèles participant aux projections de changement climatique de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007) et dépendent des teneurs en ozone. Les perturbations de ce bilan engendrées par les activités humaines ont d'ores et déjà modifié le régime des vents.



© Sweedish Space Center

***Profils verticaux des températures** (rouge) **et rapports de mélange d'ozone** (bleu), **pression partielle d'ozone** (en vert) obtenus lors d'un sondage vertical au dessus de la base de lancement d'Esrange, Suède.*



Représentation tri-dimensionnelle des contours du tourbillon polaire le 30 Mars 2011. *Cette image a été obtenue sur la base des analyses des champs de vents, de pression et de température du centre Européen (ECMWF, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). L'échelle verticale utilisée correspond aux surfaces isentropiques : 20 km d'altitude correspond environ à 380 K et 35 km à 800 K.*

© LPC2E

***Instrument SPIRALE du LPC2E** sur le pas-de-lancement, suspendu sous les ballons auxiliaires juste avant le vol.*

Dans ce cadre des changements climatiques, au cours de l'hiver 2011 une campagne de mesures sous ballons stratosphériques s'est déroulée sur la base de lancement d'Esrange en Suède (67° 53'N, 21° 04'E) afin d'étudier l'évolution des taux de destruction d'ozone ainsi que les changements de régimes des vents dans la stratosphère polaire arctique. Les travaux scientifiques associés aux mesures obtenues sont menés dans le cadre du projet ENRICHED (European collaboratioN for Research on stratospherIc Chemistry and Dynamics), piloté par le LPC2E et financé par le CNES, l'Institut des Sciences de l'Univers du CNRS et l'Institut Paul-Emile Victor. Ce projet regroupe au total 11 instituts européens. Quatre nacelles poly-instrumentées de plus de 450 kg ont été déployées et embarquées sous ballons stratosphériques afin d'échantillonner finement de nombreuses espèces chimiques jusqu'à 35 km d'altitude. Deux vols étaient prévus début février 2011 pour échantillonner le tourbillon polaire et deux en avril pour étudier les conditions du changement de régime des vents au printemps.

Les équipes scientifiques et techniques associées au déploiement des instruments de la première phase sont arrivées mi janvier sur la base de lancement. Début février, les instruments étaient prêts à être lancés. De manière très exceptionnelle ces vols sont restés en attente de fenêtre de lancement jusqu'à fin mars. En effet le tourbillon polaire est resté centré au dessus du pôle pendant presque deux mois. Ainsi la base de lancement d'Esrange était sous la frontière externe du tourbillon polaire. Par voie de conséquence les trajectoires de vols ballons calculées montraient que les nacelles atteignant 30 km d'altitude et plus seraient au-delà de la limite de portée des télécommandes et télémesures en seulement 2h30 en raison des vents très forts à cette frontière et donc impossible à suivre, à piloter et à maîtriser.

Des conditions exceptionnelles

Une reconstitution tridimensionnelle du tourbillon polaire le 30 mars 2011 a pu être réalisée : sa trace au sol illustre son positionnement centré au dessus du pôle arctique. Associé à ce positionnement très spécifique, le taux de refroidissement des masses d'air a été très fort : fin mars les températures vers 20 km d'altitude étaient encore inférieures à -80 °C et les rapports de mélange d'ozone très faibles, inférieurs à 1 ppmv (3 ppmv étant attendus à ces altitudes).

Les mesures satellitaires ont mis en évidence une couverture de nuages stratosphériques polaires jamais atteinte fin mars : 6 millions de km^2 contre 2 millions observés au maximum jusqu'à présent. L'activation des chlores a donc été très importante et la diminution d'ozone record estimée à 40% de la colonne totale. Du jamais vu au cours des 20 dernières années.

Les deux premiers vols du projet ont pu être réalisés les 31 mars et 1er avril et ont permis de sonder ces conditions exceptionnelles. De nombreux composés chimiques en relation directe avec l'activation des composés chlorés ont été mesurés et les analyses sont en cours. Les deux derniers vols de ce projet ont pu avoir lieu fin avril dans les conditions de printemps polaire.

Depuis, le caractère exceptionnel de cette diminution record d'ozone en région arctique est l'objet des études du LPC2E pour comprendre les mécanismes associés à la mise en place de ces conditions météorologiques avec de nouvelles questions scientifiques ouvertes : pourquoi le tourbillon polaire en 2011 est-il resté si longtemps centré sur le pôle ? Pourquoi les masses d'air ont-elles subit un refroidissement si intense ? Comment prévoir à l'avenir ce type d'épisode ? Y-a-t-il un changement du régime des vents dans la stratosphère qui, dans le futur conduira à de nouveaux épisodes similaires de diminution record de l'ozone en arctique ? A suivre…

Nathalie HURET < LPC2E
nathalie.huret@cnrs-orleans.fr
http://lpce.cnrs-orleans.fr/

En attendant SKA...

© Bertrand FLOURET < NANCAY

Avant même de définir le lieu d'implantation du grandiose radiotélescope SKA, son prototype EMBRACE est actuellement en cours de déploiement sur le site de la Station de radioastronomie de Nançay.

Le Square Kilometer Array « SKA » sera un radiotélescope dix fois plus grand que tout instrument existant. Ce projet international est né il y a déjà une vingtaine d'années, avec pour objectif une très grande sensibilité pour la mesure du rayonnement des sources lointaines les plus faibles et surtout la cartographie à grande échelle de la répartition de l'hydrogène. Ce gaz existe en effet partout dans l'univers, jusque dans les endroits les plus reculés.

Une histoire d'hydrogène

L'hydrogène neutre est la matière la plus simple dans la nature. Composée uniquement d'un proton et d'un électron, cette matière est apparue dans l'univers 300 mille ans après le Big Bang. Cette ère est marquée par une température extrême, où la matière neutre n'existait pas. Les électrons et protons étaient alors libres dans un environnement que l'on appelle un plasma. Avec l'expansion de l'univers, ce plasma s'est refroidi jusqu'à ce que les électrons et protons se mettent ensemble pour créer les atomes d'hydrogène neutre. Pendant la longue période qui suivit, l'univers était alors presque entièrement composé d'hydrogène neutre. C'est la matière primordiale avec laquelle toutes les structures de l'univers se sont ensuite formées : les galaxies, les étoiles, les planètes, etc.

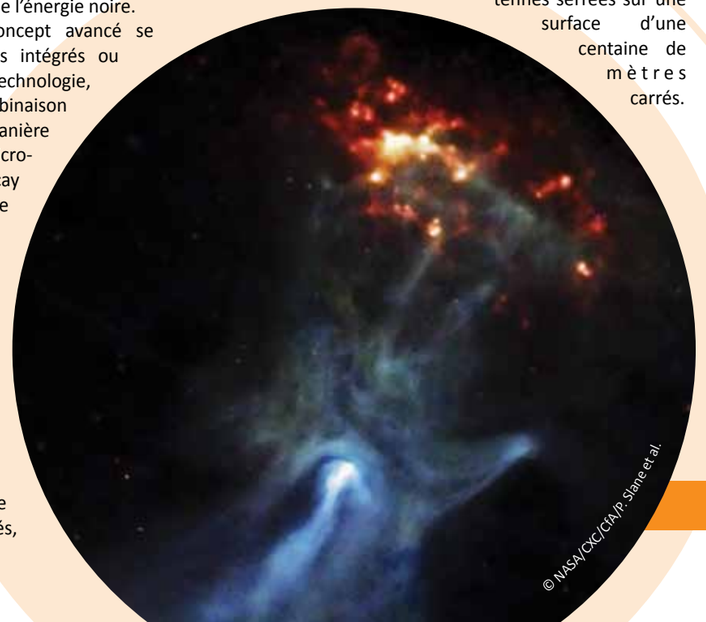
Un réseau d'un kilomètre carré

Le gaz hydrogène neutre est de loin la matière la plus abondante de l'univers, mais son observation et sa mesure sont souvent très difficiles à cause d'un rayonnement faible. Par exemple, la galaxie la plus lointaine détectée avec l'émission du gaz hydrogène neutre est à 2 milliards d'années lumières. Ceci semble assez loin, mais à l'échelle de l'univers entier, c'est notre voisinage. Il faut alors observer dix fois plus loin et au-delà pour étudier la distribution de la matière aux échelles cosmologiques, et éclaircir les mystères comme l'énergie et la matière noire. Pour cela, la construction d'un radiotélescope avec une surface équivalente à un kilomètre carré (SKA) est à l'étude. Ce grand projet qui demande un budget de plus d'un milliard d'euros, est une collaboration de plusieurs pays dans le monde, dont la France.

Une technologie novatrice

La Station de radioastronomie de Nançay (USR 704 CNRS/Observatoire de Paris/Université d'Orléans) travaille avec ses partenaires européens au développement d'un instrument de toute nouvelle technologie. Le principe d'interférométrie est à la base de ce concept, où la combinaison de signaux de plusieurs antennes est essentielle. Les radio-interféromètres existent déjà depuis longtemps avec des dizaines d'antennes, comme le radio héliographe de Nançay et ses 47 antennes. Le projet SKA repousse la limite, jusqu'alors inimaginable, en proposant la combinaison de millions d'antennes.

On dit « réseau phasé dense » pour un tel réseau d'antennes, dans lequel chaque antenne est serrée contre sa voisine. Un tel radiotélescope à réseau phasé dense est doté de plusieurs avantages par rapport à ses prédécesseurs et réalise la « quadrature du cercle » : permettre à la fois un très grand champ de vue et une observation très détaillée du ciel. Il devient alors un instrument idéal pour faire les grands relevés du ciel nécessaires pour mesurer la distribution d'hydrogène dans l'univers. En outre, ce dernier point important aidera à la compréhension du mystère de l'énergie noire.
Au cœur de ce concept avancé se trouvent des circuits intégrés ou « puces » de haute technologie, permettant la combinaison des signaux d'une manière efficace. L'équipe microélectronique de Nançay est « leader » dans ce domaine et reconnue par ses partenaires. Récemment, un important financement de l'Agence Nationale de Recherche améliorera encore l'expérience et le savoir faire des ingénieurs de Nançay dans la conception de ce type de circuits intégrés, essentiels pour la technologie du futur du réseau phasé dense. Ces futures innovations se font en partenariat avec le Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, la société de semi-conducteurs NXP, et l'institut néerlandais en radioastronomie ASTRON.



© NASA/CXC/GSFC/P. Slane et al.

Lorsqu'une étoile explose, elle éjecte une grosse partie de sa matière : c'est une « supernova ».
*Il reste une étoile dont la matière est dégénérée, très petite et tournant très vite sur elle-même : **un pulsar.***
La Station de Radioastronomie chronomètre le pulsar le plus rapide connu, qui tourne sur lui-même à raison de 600 tours par seconde, avec une précision bien meilleure qu'un millionième de seconde.

© Bertrand FLOURET < NANCAY

***Les antennes du réseau phasé d'EMBRACE sont abritées sous une structure en polystyrène,** transparente aux ondes radios. Les observations s'effectuent sans avoir à ouvrir cette structure qui protège des intempéries les antennes et les appareils de test. Les récepteurs sont dans un container blindé électromagnétiquement pour ne pas parasiter les observations. Une installation identique aux Pays Bas permet de tester le fonctionnement à distance des 2 réseaux.*

Physique

© Bertrand FLOURET < NANCAY

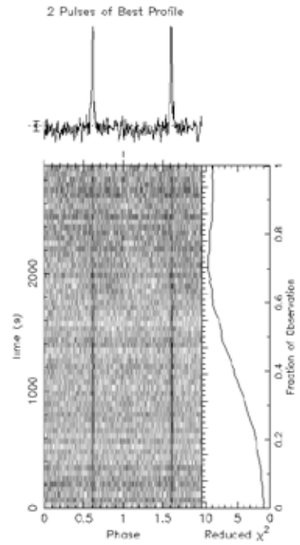
« quelques milliers d'antennes... sur une surface d'une centaine de mètres carrés »

Deux prototypes ont déjà été construits dans le cadre du programme européen « Square Kilometre Array Design Studies » , coordonné par ASTRON aux Pays-Bas. L'un des prototypes se situe dans le nord des Pays-Bas, et l'autre à la Station de radioastronomie de Nançay. Ces prototypes, baptisés EMBRACE (Electronic MultiBeam RadioAstronomy Concept), sont équipés chacun de quelques milliers d'antennes serrées sur une surface d'une centaine de mètres carrés.

L'instrument EMBRACE est technologiquement très avancé et compte parmi les plus complexes radiotélescopes du monde. Doté de ses 4608 antennes, EMBRACE demande un logiciel de commande et contrôle à la hauteur de la tâche, la validation de ce concept à réseau phasé dense étant très importante. Ce développement a été accompli avec succès par l'équipe informatique de Nançay. Cela a permis récemment de faire un grand pas en observant le pulsar B0329+54 et en démontrant pour la première fois le fonctionnement d'EMBRACE dans son intégralité.

Le rayonnement périodique du pulsar est ainsi capté par les nombreuses antennes de type Vivaldi pour être traité par une chaîne électronique complexe. Les signaux des antennes sont combinés ensemble en phase pour maximiser la sensibilité dans deux directions différentes et indépendantes et donc permettre l'observation simultanée de deux sources astronomiques très distantes sur le ciel. Ce phasage des signaux se fait dans un circuit intégré conçu à Nançay par l'équipe microélectronique, et représente la fonction la plus importante du système EMBRACE. Cette combinaison est par la suite numérisée et traitée par un super calculateur. Il s'agit alors de synthétiser numériquement des centaines de directions de visées très fines, imbriquées dans chacun des deux champs d'observations simultanés de l'instrument. C'est le logiciel informatique de Nançay qui réalise cette phase essentielle.
Pour EMBRACE, les fonctionnalités de base pour un radiotélescope ont été démontrées : planifier et implémenter une observation, suivre une source astronomique et faire une acquisition de données rapide. A l'avenir, d'autres types d'observations astronomique que celle du pulsar B0329+54, seront effectuées pour continuer l'étalonnage du système.

Stephen TORCHINSKY < STATION DE RADIOASTRONOMIE DE NANCAY
torchinsky@obs-nancay.fr
http://www.obs-nancay.fr/



***EMBRACE a suivi le pulsar B0329+54 pendant une heure.** Quand l'impulsion est assez forte, on le voit clairement à chaque seconde de l'observation. **B0329+54 tourne sur son axe à 1.4 fois par seconde.** Il y a donc une impulsion toutes les 0.714 secondes.*

Ce SM-HR (LTQ Velos Orbitrap ETD) *interfacé avec d'autres éléments (chaîne nanoUHPLC, outils bioinformatiques) a été co-financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER), la Région Centre, l'Inserm et l'INRA. Il a été inauguré le 24 novembre 2011.*

Un spectromètre de masse à haute résolution **pour la protéomique**

Dans le cadre d'une dynamique de veille stratégique et technologique entre le Groupement de Moyens Scientifiques et Techniques de Tours[1] et la Fédération de Recherche Physique et Chimie du Vivant[2], le Laboratoire de Spectrométrie de Masse de la Plate-forme PAIB[3], situé au sein du l'unité « Physiologie de la Reproduction et des Comportements »[4] à l'INRA de Tours s'est équipé en juillet 2011 d'un Spectromètre de Masse à Haute Résolution (SM-HR).

Ce nouvel équipement, mis à la disposition de l'ensemble de la communauté scientifique, vient ainsi renforcer les possibilités d'investigation des mécanismes moléculaires qui régissent les grandes fonctions des organismes vivants.

Grâce à ce dispositif, un bond technologique vient d'être franchi pour la recherche, l'identification et la caractérisation structurale de biomarqueurs cellulaires de nature peptidique et protéique, en milieux complexes (fluides biologiques, extraits tissulaires ou cellulaires). Ses performances (sensibilité, résolution, précision de masse, vitesse d'analyse) ouvrent de nouvelles voies de recherches fondamentales ou appliquées dans les domaines de la santé publique, en passant par une meilleure compréhension des mécanismes cellulaires, en relation ou non, avec les pathologies (humaines ou animales) mais également par le diagnostic en milieu hospitalier ou dans les domaines de l'agronomie, de la pharmacologie et de l'environnement.

[1] INRA/Université François Rabelais de Tours.
[2] FR 2708 composée du CBM (UPR 4301/CNRS/Université d'Orléans) et de l'ICOA (UMR 7311/Université d'Orléans).
[3] Plate-forme d'Analyse Intégrative des Biomarqueurs.
[4] UMR 7247/CNRS/INRA/Université François Rabelais/Institut Français Cheval et Equitation.

Concours inter-régional des XIX^{èmes} olympiades de physique

26 lycéens de Tours, Orléans, Angers, Etampes et Montaigu s'étaient donné rendez-vous le 7 décembre à Orléans pour présenter à un jury d'enseignants et de scientifiques, des travaux expérimentaux scientifiques qu'ils ont réalisés en équipes. Pour tous, un objectif : être sélectionnés pour participer à la finale nationale qui aura lieu le 27 et 28 janvier 2012 au Palais de la Découverte.

Sur les 7 projets, le jury des olympiades inter-régionales en a sélectionné 3 :
- «Une plongée vers l'invisible ou comment voir la structure de la matière» du lycée Pothier d'Orléans (45),
- «Comment écourter en toute sécurité le vol d'un ballon solaire ?» du lycée Vaucanson de Tours (37),
- «La lumière de la lune nous cache-t-elle bien des secrets ? du lycée Léonard de Vinci de Montaigu (44).

Les laboratoires CNRS ont soutenu cette action en apportant leur expertise aux lycéens qui les ont sollicités.

Tous les participants au concours inter-régional ont été récompensés de leurs travaux par de nombreux lots, sous forme notamment de visites de laboratoires de recherche CNRS à Orléans.

Les Olympiades de la Physique sont organisées depuis 1992 par la Société Française de Physique et l'Union des Professeurs de Physique et Chimie.

Ce concours a pour ambition de sensibiliser les lycéens aux activités scientifiques en les rendant eux-mêmes acteurs d'un travail expérimental. Il a aussi pour but d'éveiller chez eux des vocations de physiciens et plus généralement de scientifiques.

Les jeunes sélectionnés au concours national.

Contrôle du Pharmascan 7 Teslas avant analyse IRM d'une souris qui servira à l'étude d'une pathologie.

De l'imagerie *in vivo*

Le Centre de Biophysique Moléculaire (CBM – UPR 4301) s'est doté en 2011, d'un appareil d'Imagerie de Résonance Magnétique (IRM) à aimant horizontal 7 Teslas avec le soutien financier du Conseil général du Loiret, des Fonds Européens de Développement Régional (FEDER) et du CNRS, à hauteur d'1 million d'Euros. Il a été inauguré le 8 décembre.

Visite inaugurale du 8 décembre au CBM *(de gauche à droite : M. CARRÉ, vice-président du Conseil Général du Loiret ; M. BELŒIL, directeur du CBM ; M. SOULLIE, délégué régional CNRS Centre Poitou-Charentes ; Sandra MEME, chargée de recherche en biophysique).*

L'IRM est peut-être la technique d'imagerie la plus connue à l'heure actuelle. Dans son utilisation standard, elle donne accès à la structure interne des êtres vivants.

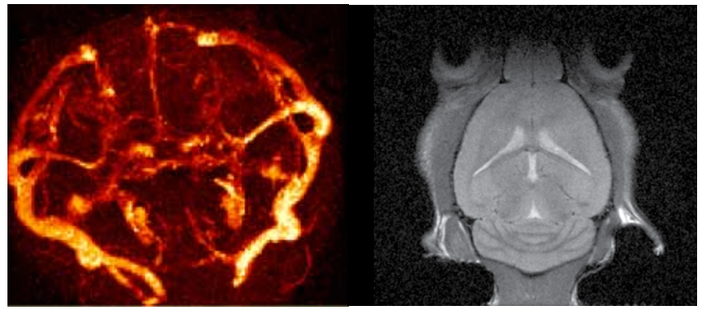
Un spectromètre IRM est principalement constitué d'un aimant supra-conducteur très puissant qui permet d'accéder aux propriétés des noyaux des atomes d'hydrogènes présents dans l'eau (H_2O) contenue dans les tissus vivants. L'IRM dernière génération, dont s'est équipé le CBM, donne dorénavant accès, *in vivo*, à la structure interne mais également à des informations plus fines, comme le fonctionnement intime du cerveau.

L'objectif du CBM, au travers de l'acquisition de ce spectromètre 7 Teslas, est de spécialiser ses appareils. Cette nouvelle IRM sera un pur imageur dédié à la biologie. Il sera associé en particulier à l'une des nouvelles orientations du laboratoire : la génétique. L'imagerie constitue désormais un axe de recherche fort du CBM. Ce nouvel appareil s'inscrit aussi dans cette stratégie au travers de travaux mettant en jeux des agents de contraste, et par l'ouverture de nouvelles voies de recherche en imagerie bi-modale et plus précisément l'association de l'IRM avec la TEP (Tomographie par Emission de Positions) et la biophotonique. L'ancien appareil 9,4 Teslas, dont est déjà équipé le laboratoire, deviendra surtout un spectromètre. La collaboration du CBM avec le laboratoire Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation (CEMHTI – UPR 3079) et l'accès à un spectromètre 17,6 Teslas permettront d'aborder la spectroscopie HR-MAS.

Avec ces deux appareils au CBM et le spectromètre du CEMHTI, les chercheurs orléanais disposent désormais d'une plateforme IRM-SRM tout à fait originale, qui se démarque de ce qui existe ailleurs en France et qui permettra d'aborder des thématiques, elles aussi très originales.

http://cbm.cnrs-orleans.fr/

L'Europe s'engage en région Centre avec le fonds européen de développement régional.



Des images très précises

à gauche : *l'angiographie du cerveau de la souris permet de visualiser la circulation sanguine.*

à droite : *cerveau de souris en vue coronale* (vue du dessus). *En bas, on voit clairement le cervelet avec sa structure en feuillet. En haut, juste à la limite du champ de vue : les yeux.*

© Thinkstock®

Les contre-effets de la censure au Moyen Âge

Au début du 15ème siècle, en Angleterre, la production littéraire religieuse était totalement sous contrôle. Pourtant les lollards ont habillement su contourner la censure.

Le mouvement hérétique lollard, qui vit le jour en Angleterre un peu avant 1380, se réclamait du philosophe, théologien et homme d'église réformateur John Wyclif. Il dut son rapide succès aux méthodes qu'il employa pour disséminer ses idées, et son développement à l'incapacité de l'Eglise à lui opposer une contre-attaque efficace. Du moins jusqu'au tournant du 15ème siècle. Lorsqu'en 1399 Henri IV déposa Richard II et se fit couronner roi, il sut instinctivement qu'il ne devait pas laisser se développer la moindre dissidence dans son royaume, quelle qu'en soit sa nature. Cette même année, il nomma Arundel Lord Chancelier, le réinstalla archevêque de Canterbury et lui confia la mission d'éradiquer l'hérésie lollarde.

« les écrits de Wyclif... interdits de circulation »

Dix ans plus tard, les efforts conjugués des deux hommes donnèrent naissance à un système qui permettait à la fois de contrôler et de punir tous ceux qui n'abandonneraient pas *« leur secte diabolique, leurs prêches, leurs doctrines et leurs opinions erronées et hérétiques »*. Ce système reposait sur deux textes. Le premier, *« De hæretico comburendo »*, daté de 1401, était l'instrument punitif qui prévoyait l'arrestation et l'emprisonnement des hérétiques auxquels on demandait d'abjurer leurs croyances. En cas de refus, ils étaient brûlés en place publique « *afin qu'une telle punition puisse inscrire la peur dans l'esprit des autres* ». Le second, des *'Constitutions'* rédigées par Arundel en 1408, était l'instrument de contrôle. Elles promulguaient une censure drastique des textes existants ou à venir. Ainsi, tous les écrits de Wyclif et de ses « disciples » se virent interdits de circulation, sous forme écrite ou orale. Il devint impossible de faire faire des copies d'un texte sans que le dit texte soit au préalable visé par l'université d'Oxford ou de Cambridge ou bien par un comité de censeurs choisi par l'archevêque lui-même, puis que l'original soit conservé dans un coffre de l'université. La simple détention d'un texte rédigé en langue vernaculaire valait suspicion d'hérésie.

Deux versions pour un même texte

Un manuel d'instruction religieuse, connu sous le nom de *Pore Caitif* (dont il existe encore aujourd'hui 29 copies complètes, preuve de sa popularité), semble d'une certaine manière témoigner de l'ingéniosité des lollards à diffuser leurs préceptes. Les textes qu'il propose ont été compilés pour former un ensemble dont la lecture complète et l'observance des préceptes qui y sont développés assurent à son lecteur ou à son auditeur de trouver « *le chemin vers le paradis* ». Ce type de manuel écrit en langue vernaculaire n'est pas unique en son genre. Ce qu'il a de particulier, en revanche, c'est de proposer deux versions distinctes du même texte, une orthodoxe datant de la fin du 14ème siècle et une hétérodoxe, datée du début du 15ème siècle.
Ce qui est encore plus singulier, c'est que la version hétérodoxe ne modifie pas le texte dans son ensemble ou sur la longueur mais opère par interpolation : quelques lignes ou un paragraphe dont le contenu vient illustrer l'idéologie lollarde sont ponctuellement ajoutés quand, au contraire, d'autres passages du texte original sont supprimés çà et là parce que jugés inadéquats.

Une activité clandestine très organisée

Dans le contexte précédemment décrit, comment une telle chose a-t-elle été possible ? Et que cela nous apprend-il sur le mouvement lollard et sur les modes de diffusion des textes après 1401 ?
Il faut tout d'abord noter une forme d'échec de la censure. Il est établi que les copies hétérodoxes du *Pore Caitif* sont postérieures à la promulgation des deux textes initiés par Arundel ce qui prouve que les lollards ont néanmoins continué à transmettre leurs idées par écrit. La censure a donc failli dans le sens où elle n'est pas parvenue à atteindre son objectif qui était de réduire les hérétiques au silence. Il faut ensuite souligner l'effet novateur qu'a eu cette censure. Si les idées lollardes circulent encore dans certains textes après 1401, c'est d'une manière tout à fait inattendue et contrainte qui multiplie les tours de passe-passe. L'étude précise des huit manuscrits hétérodoxes du *Pore Caitif* est à cet égard riche d'enseignement. Elle permet d'affirmer que le texte orthodoxe du *Pore Caitif* a servi de « boîte aux lettres » aux messages lollards. Ces derniers ont choisi un texte populaire autorisé par les censeurs, jouant de fait sur sa renommée pour brouiller les pistes. Ils ont choisi de procéder par interpolation car ainsi le caractère illégal de leur version ne sautait pas aux yeux. Enfin, ils ont misé sur le manque de diligence des personnes chargées de vérifier l'orthodoxie des copies en circulation puisqu'en cas de contrôle, seule une lecture complète de la copie en question pouvait révéler sa vraie nature. Il faut par conséquent admettre que les efforts conjugués de Henry IV et de l'archevêque ne sont pas parvenus à décourager les adeptes du mouvement. En effet, l'existence même de ces copies suppose l'activité clandestine d'un groupe de gens organisés, sachant lire et écrire et ayant accès aux matériaux et à l'infrastructure nécessaire à la mise en œuvre de leur projet. Elle suppose ensuite que les lollards aient réussi à se procurer un exemplaire du texte du *Pore Caitif* pour s'en servir de modèle puis qu'ils aient pu contrôler la copie et la diffusion de leurs exemplaires modifiés sans se faire prendre.

Des manuscrits de poche

L'étude spécifique de ces copies amène des réflexions secondaires qui soutiennent cette hypothèse. Tout d'abord, la taille de tous ces manuscrits n'excède pas 18 x 12 cm, le manuscrit référencé B.14.53 de Trinity College* à Cambridge, étant le plus petit d'entre eux avec une taille de 14 x 9,5 cm. Etant donné le nombre d'abréviations qui émaillent le texte, l'absence d'enluminures ou autres décorations et la densité de l'écriture par feuillet, on peut raisonnablement en déduire que le scribe cherchait à faire loger son texte dans un espace restreint. Cet aspect « économique » du travail du scribe se retrouve dans la majorité des exemplaires contenant la version orthodoxe du texte et peut donc se comprendre comme une réponse à une logique marchande puisqu'il réduit le coût de l'exemplaire en utilisant moins de matière première. Mais on peut aisément imaginer que la réalisation de copies de « poche » pour les manuscrits lollards répondait à un autre besoin. En effet, comment ne pas considérer la possibilité que cette petite taille ait été choisie afin de faciliter la dissimulation des ouvrages, si nécessaire ? On imagine aisément un prêcheur glissant le petit manuscrit de Trinity College dans la manche de sa robe ou sous son pourpoint pour se rendre sans risque sur le lieu de son prêche. Lorsque l'on regarde de près maintenant les deux copies conservées à Glasgow, on ne peut qu'être frappés par leurs similitudes qui évoquent deux copies jumelles. Et lorsque l'on confronte ces éléments visuels à l'étude du texte, on constate que toutes les copies lollardes conservent des leçons communes et qu'elles sont donc liées par une tradition manuscrite. Ces informations conjuguées impliquent donc l'existence d'un « centre » où toutes ces copies auraient été réalisées, où les lollards auraient eu accès à des locaux, à du matériel, à de la main d'œuvre et probablement aussi, à la protection de gens influents.

La censure imposée par Arundel et Henry IV, loin d'éradiquer le mouvement, l'aura au contraire amené à inventer une nouvelle façon de faire du prosélytisme, une façon plus subtile et insoupçonnable qui s'est avérée efficace en fin de compte, si l'on veut bien reconnaître un lien entre les lollards du 15ème siècle et les protestants du siècle suivant.
Reste une dernière question. Pourquoi les lollards ont-ils initialement choisi le texte du *Pore Caitif* plutôt qu'un autre ? Etait-ce vraiment une production de l'église catholique ou était-ce un Cheval de Troie lollard ? Cette question cherche toujours une réponse.

Karine GUIBERT < CESCM
karine.guibert@univ-poitiers.fr
http://www.mshs.univ-poitiers.fr/cescm/

(*) *The author wishes to thank the University of Glasgow Library, Department of Special Collections and the Master and Fellows of Trinity College Cambridge for their allowing the publication of images from their manuscripts.*

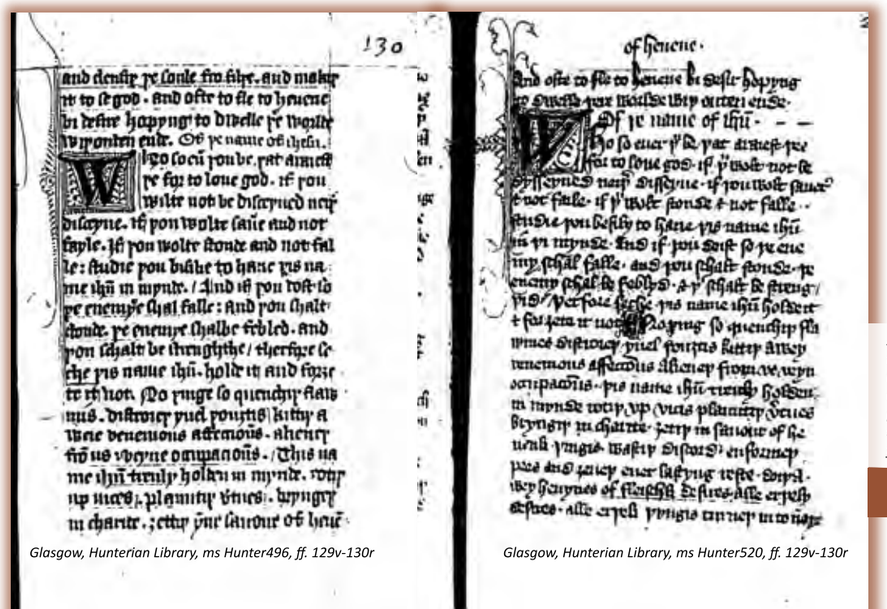
Ci-contre :
Couverture du manuscrit B.14.53 de la Trinity Library de Cambridge *contenant une version interpolée par les lollards du texte du* Pore Caitif. *La règle sur le côté droit permet d'apprécier la petite taille de l'ouvrage. Il s'agit de l'un des premiers « livres de poche » qui circula au 14ème siècle.*

Histoire

Leçon 1 : *In þe þridde day he wolde rise fro deeþ in tokene þat þe liʒt of his deeþ hadde distried oure double deeþ boþe of Adam and of us silf, and for we schulden rise fro goostli deeþ bi þre maner medicynes, bi contricioun eiþer bi sorowe of herte, bi confessioun and satisfactioun.*

Leçon 2: *In þe þridde day he wolde rise fro deeþ in tokene þat þe liʒt of his deeþ hadde distried oure double deeþ boþe of Adam and of us silf, and* ***also he roos þe ii. day fro deeþ*** *for we schulden rise fro goostli deeþ bi þre maner medicines* ***þat is*** *contricioun eiþer bi sorowe of herte* ***for synne****, bi confessioun* ***to God cheesli*** *and* ***bi*** *stisfaccioun* ***eiþer amendis makinge boþe to God and to man bi al oure kunnynge and oure power.***

Les mécanismes de l'interpolation par les Lollards *- On peut clairement voir dans cet extrait du texte du* Pore Caitif *que la leçon orthodoxe illustrée par le manuscrit de la Bibliothèque Nationale de Paris, Anglais 41, f.14r (leçon 1) a été détournée par de discrets ajouts de formules dans le manuscrit de Cambridge, Trinity College B.14.53 (leçon 2 ; ajouts matérialisés en caractère gras) afin d'adapter le texte à l'idéologie.*



Glasgow, Hunterian Library, ms Hunter496, ff. 129v-130r

Glasgow, Hunterian Library, ms Hunter520, ff. 129v-130r

Au centre : deux exemples de copies « lollardes » du texte du* Pore Caitif *conservées à la University of Glasgow Library. *Ces deux manuscrits partagent des caractéristiques qui soutiennent l'hypothèse d'une production de masse privilégiant l'efficacité et la quantité à l'excellence et la qualité : sobriété dans la présentation, nombre de lignes de texte par feuillet, disposition du texte et ornementation des lettrines.*

Les manuscrits médicaux : une « mine d'or » pour la recherche sur la science médiévale ?

Les manuscrits sont la source primordiale pour comprendre la transmission et la réception de la science médicale au Moyen Âge. Tous pourtant n'ont pas la même valeur dans le développement du savoir.

Pour estimer leur place et leur influence dans cette tradition, il faut tenter de connaître leurs milieux de production et les lecteurs (universitaire, professionnel ou princier) auxquels ils étaient destinés. Cette exigence, alliant philologie et archéologie du manuscrit, est le fondement des recherches menées à l'Institut de recherche et d'histoire des textes (IRHT — UPR 481).

Contrairement au préjugé courant, le Moyen Âge ne fut pas un moment de récession de la culture scientifique de l'Antiquité, ni d'obscurantisme face à la Renaissance ou à l'Âge des Lumières. On est redevable aux « intellectuels » médiévaux de la perpétuation de la culture scientifique écrite, qu'elle soit d'origine antique ou orientale, grâce à la copie des textes anciens et à la traduction d'ouvrages grecs et arabes. Sans cette œuvre de sauvegarde et de diffusion, les savants modernes n'auraient pu accéder aux notions scientifiques accumulées dans les siècles antérieurs. Le rôle du Moyen Âge ne se limita pas à la préservation d'un héritage. On lui doit aussi le perfectionnement de certaines disciplines, en particulier botanique, zoologie, minéralogie, astronomie, astrologie et médecine. De même, l'enseignement médiéval a réservé aux sciences, notamment celles du *Quadrivium* (voir encart), une place de choix. L'école cathédrale de Reims au X[e] siècle, ou celle de Chartres au XII[e] siècle, furent même des centres culturels avancés.

« la variété des professions se reflète dans les documents élaborés »

Acquisition, assimilation et pratique des notions scientifiques

Comment déterminer le degré d'assimilation et d'intérêt des « intellectuels » médiévaux pour les savoirs scientifiques ? Éditer les textes à partir des manuscrits n'y suffit pas. Encore faut-il savoir pour qui ils étaient copiés, comment ils étaient assimilés et mis en pratique. À cet égard, la médecine est un cas particulièrement révélateur, puisqu'elle était considérée à la fois comme un savoir pratique et théorique, servant à soigner les maladies, et à comprendre la nature de l'homme et du monde qui l'environne, en relation avec la philosophie naturelle. C'est dans cette acception qu'Isidore de Séville la qualifia, dans ses *Étymologies*, de *secunda philosophia*. De même, la variété des professions (médecins, chirurgiens et apothicaires) se reflète dans les documents élaborés pour la pratique. Parallèlement, le développement d'un *curriculum* d'étude dans les écoles de médecine, telle Salerne, ou dans les Universités (Paris, Montpellier, etc.) provoque l'élaboration de textes adaptés à la formation, et leur diffusion à l'extérieur.

Les livres de médecine et leurs lecteurs

La nature polyvalente de la médecine se ressent dans la production des manuscrits, destinés à un lectorat très divers : recueils et manuels pour des praticiens, exemplaires « de luxe », parfois richement enluminés, pour des princes bibliophiles, manuscrits universitaires ou au contraire copiés pour des savants et amateurs non-spécialisés. Il existe de nombreux indices pour déterminer le « profil » des lecteurs : non seulement la mise en page, l'écriture et la décoration comme pour n'importe quel manuscrit, mais aussi l'assemblage de certains traités dans un même recueil, qui peut correspondre à une figure professionnelle particulière et à un « état de l'art » de la médecine ou de ses spécialités (anatomie, pathologie, diététique, etc.) à une époque donnée. Notes, gloses et interpolations ajoutées dans les marges rendent les mêmes services, ainsi que les tables, listes ou indices dressés par les copistes pour les besoins de lecteurs particuliers. On pourra encore s'appuyer sur l'illustration technique, notamment quand elle supplée aux informations données par le texte. Tous ces éléments aident par exemple à rattacher tel manuscrit à un contexte universitaire et son *curriculum*, ou au contraire à l'inscrire dans un milieu professionnel, comme la boutique d'un apothicaire. Seule cette enquête à mener pour chaque exemplaire d'un texte permet d'estimer sa diffusion et son poids dans la culture médicale au Moyen Âge.

Page de gauche : *Montpellier, Bibliothèque interuniversitaire, Section de Médecine, H 089, folio 1v. Manuscrit du 14e s.* ***Médecin soignant les blessures de la tête.*** *Rogerius Salernitanus, Chirurgie.*

A droite : *Avignon, Bibliothèque municipale, ms. 1019, folio 102 (daté entre 1250 et 1260).* ***Médecin examinant une fiole d'urine et prenant le pouls d'un malade.*** *Rhazes, Oeuvres médicales, traduction latine de Gérard de Crémone.*

Le manuscrit médical est donc un objet complexe, dont les critères chronologique, géographique, institutionnel et typologique sont aussi importants que l'œuvre elle-même pour comprendre l'évolution de la culture scientifique. C'est dans cette perspective que sont actuellement étudiés les ouvrages de pharmacopée dans leur évolution et transmission manuscrite, afin de comprendre les modalités de transmission et diffusion de ce savoir à travers les livres au Moyen Age, et en particulier le recueil salernitain du XII[e] siècle *Circa instans* : connu par plusieurs rédactions différentes, transmises par plus de 200 manuscrits, et traduit en plusieurs langues vernaculaires, ce texte traversa le Moyen Âge jusqu'à l'apparition du livre imprimé et témoigne de l'intérêt de milieux variés pour les médicaments.

Besançon, bibliothèque municipale, ms. 475, folio 1. Manuscrit du 14e s.
Médecin soignant un malade souffrant des yeux.
Accanamosali de Bagdad, Sur les maladies des yeux.

Sciences du Quadrivium est le nom du nouveau pôle fondé à l'IRHT en lien avec la Chaire d'excellence pour « l'Histoire des savoirs scientifiques au Moyen Âge », chaire mixte obtenue en 2011 par l'Université d'Orléans et le CNRS. La dénomination de ce nouveau pôle de recherche provient de l'enseignement scolaire médiéval. À l'apprentissage de la grammaire, de la rhétorique et de la dialectique (*Trivium*), succédait celui des mathématiques, de la géométrie, de l'astronomie et de la musique, quatre sciences désignées sous le terme de *Quadrivium*. À ces quatre disciplines s'agrègent les recherches sur d'autres savoirs scientifiques du Moyen Âge, en particulier la médecine.

La création de ce pôle à l'IRHT, où certaines de ces matières étaient déjà représentées (musique, astronomie), doit fédérer des projets de recherche dans un laboratoire où sont étudiés les principaux domaines linguistiques de l'aire méditerranéenne (latin, grec, arabe) et dont la vocation est la transmission des textes et l'archéologie des manuscrits, de la fin de l'Antiquité jusqu'à l'Humanisme. Cette nouvelle entité permettra l'acquisition de reproductions de manuscrits (microfilms et numérisations) de textes scientifiques médiévaux et la constitution d'un fonds de bibliothèque dédié à ce thème.

Jean-Baptiste LEBIGUE < IRHT
lebigue@cnrs-orleans.fr
Iolanda VENTURA < IRHT
iolanda.ventura@cnrs-orleans.f
http://www.irht.cnrs.fr

icpm^4

Orléans - France

INTERNATIONAL SOCIETY
FOR • PLASMA • MEDICINE

4th Conférence internationale plasma médecine

17-21 Juin 2012

contact : icpm4@sciencesconf.org

Plus d'infos sur : **http://icpm4.sciencesconf.org/**

cnrs
Délégation
Centre Poitou-Charentes
www.cnrs.fr/centre-poitou-charentes

Région Centre

UNIVERSITE D'ORLEANS

ABioPlan